استفاده از آب‌های شور
و
لب‌شور برای آبیاری

ترجمه و تدوین:
گروه کار سیستم‌های آبیاری در مزرعه
کمیته ملی آبیاری و زهکشی ایران

نشریه شماره ۲۶
۱۳۷۸

استفاده از آب‌های شور
و
لب‌شور برای آبیاری

ترجمه و تدوین:
گروه کار سیستم‌های آبیاری در مزرعه
کمیته ملی آبیاری و زهکشی ایران

نشریه شماره ۲۶
۱۳۷۸

بسم الله الرحمن الرحيم

استفاده از آب‌های شور
و
لب‌شور برای آبیاری

ترجمه و تدوین:

گروه کار سیستم‌های آبیاری در مزرعه

مهندس مهران نوروزی　　مهندس مهدی ماهرانی

مهندس محمود مسچی

ویرایش:

دکتر سعید نی‌ریزی

بسمه تعالی

وزارت نیـــرو

کمیته ملـی آبیـاری و زهکشـی ایـران

نام کتاب :استفاده از آبهای شور و لب شور برای آبیاری

تهیه کننده : کمیته ملی آبیاری و زهکشی ایران

ناشر : کمیته ملی آبیاری و زهکشی ایران

مؤلف : جی. دی. رودز

مترجمین : مهران نوروزی و مهدی ماهرانی و محمود مسچی

تیـراژ : ۱۰۰۰ نسخه

چاپ اول : پاییز ۱۳۷۸

حروفچینی : کمیته ملی آبیاری و زهکشی ایران

حق چاپ برای کمیته ملی آبیاری و زهکشی ایران محفوظ است.

پیشگفتار ۱
استفاده از آب‌های شور و لب‌شور برای آبیاری ۳
عملکرد و نقش آن در افزایش تولید غذا، حفاظت آب، آبیاری پایدار و کنترل تخریب منابع آب و خاک ۳
چکیده ۳
مقدمه ۳
۱- اهمیت آبیاری در تولید غذا ۶
۲- نابودی خاک و آب در اثر عملیات آبیاری و زهکشی ۱۳
۲-۱- وسعت و علل نابودی خاک ۱۴
۲-۲- گسترش و علل آلودگی آب ۱۹
۳- نقش استفاده مجدد از آب شور حاصل از زهکشی در تولید محصولات کشاورزی، حفاظت آب و کنترل شوری آب و خاک ۲۴
۳-۱- مقدمه ۲۴
۳-۲- مدیریت برای بهبود تولیدات کشاورزی و حفاظت خاک ۲۸
۳-۲-۱- رشد گیاهان مقاوم ۲۸
۳-۲-۲- جلوگیری از تجمع نمک و موادقلیایی مازاد در بستربذر و خاک سطحی ۲۹
۳-۲-۳- تحویل آب به مزرعه به مقدار صحیح و در زمان لازم ۳۲
۳-۲-۴- آبیاری مؤثر مزارع با حداقل آبشویی و زه آب ۳۴
۳-۲-۵- پایش شوری خاک به منظور ارزیابی کفایت آبیاری و زهکشی ۳۸
۳-۲-۶- استفاده از راهبرد "در سری قرار دادن" یا "دوره‌ای" در آبیاری با آب شور ۴۲
۳-۳- مدیریت کیفیت آب و حفاظت محیط زیست ۴۳
۳-۳-۱- محدود نمودن نفوذ عمقی و قطع زه‌آب ۴۴
۴-۳-۲- جمع‌آوری، جداسازی و استفاده مجدد از آب زهکشی در آبیاری ۴۷
۴-۳-۳- اجتناب از آب‌های مخلوط برای آبیاری یا دفع آنها ۵۳
۴- نتایج و توصیه‌ها ۶۰
۴-۱- وابستگی تولید محصول به آبیاری ۶۰

۴-۲- جنبه‌های تخریبی آبیاری زهکشی..... ۶۱
۴-۳- نقش استفاده مجدد از آب‌های شور زهکشی در تولید محصول، حفاظت آب و کنترل شوری آب و خاک ۶۳
۵- مراجع ۶۵

پیشگفتار

رشد فزاینده جمعیت جهان و نتیجتاً نیاز بیشتر به تولیدات کشاورزی از مسائل مهمی است که امروز بشر با آن روبروست. در این ارتباط محدودیت منابع آب و خاک بعنوان بستر اصلی تولیدات کشاورزی نیز مطرح بوده و بخصوص استفاده بهینه از منابع آب در سرلوحه فعالیتهای کشورهای مختلف قرار دارد. در حال حاضر کشور پهناور ایران همچون سایر کشورهای واقع در کمربند خشک کره زمین دچار کم آبی بوده و پیش‌بینی می‌شود طی نیم‌قرن آتی از جمله ۶۶ کشوری باشد که از تنش آبی رنج خواهند برد. بنابراین باید برای مصرف آبهای در دسترس بعنوان یک کالای با ارزش اهمیت بیشتری قائل شده و تجدیدنظر کلی در چگونگی استفاده از آب بعمل آید. یکی از راهکارهای اساسی این امر کاربرد زنجیره‌ای آب متناسب با تغییر کیفیت آن در بخش‌های مختلف مصرف می‌باشد. استفاده از آبهای شیرین و تازه استحصال شده در رابطه با شرب، بهداشت و صنعت در اولویت قرار داشته لیکن در بخش کشاورزی می‌توان کاربرد آبهای لب شور و شور (زه‌آبهای برگشتی) را نیز بعنوان یک منبع تأمین آب در نظر گرفته و آنرا در زمره انتخاب راهبردهای مهم و اهداف ملی توسعه منظور نمود. بدیهی است این گونه آب‌ها در شرایط خاص و برای تولید محصولات مناسب خود قابل استفاده بوده لذا از قلمداد نمودن آنها بعنوان "نامطلوب برای آبیاری" باید دوری جست. در این کتاب که ترجمه نشریه

Use of Saline and Brackish Waters for Irrigation:
Implications and Role in Increasing Food Production, Conserving Water, Sustaining Irrigation and Controlling Soil and Water Degradation

می‌باشد با نگرش و بکارگیری اصول مدیریتی صحیح و فراگیر رهیافت‌های جدید بهره‌برداری از آبهای شور و لب شور در کشاورزی پایدار ارایه شده و روش‌های قبلی را متحول نموده است.

آقای رودز کارشناس پژوهشگر معروف و مجرب خاک و آب شور در ارایه این نشریه، مشابه کتاب دیگری که حدود یک دهه قبل با همکاران خود در نشریه شماره ۴۸ سازمان کشاورزی و خواربار جهانی (فائو) تحت عنوان "بهره‌برداری از آبهای شور در تولید محصولات کشاروزی" منتشر کرد سعی نموده است با تجدیدنظر کلی نسبت به مطالب آن

کتاب، نقش استفاده مجدد از آب شور حاصل از زهکشی در تولید محصولات کشاورزی، حفاظت آب و کنترل شوری آب و خاک را ترسیم کند. در این نشریه رودز نشان می‌دهد که با بکارگیری روشهای مختلف و گزینه‌های مدیریتی ویژه این گروه آب‌ها، نه تنها مشکلی از نظر بروز مسئله «شوری ثانویه» ایجاد نخواهد شد، بلکه هر گاه از این منابع با رعایت ملاحظات فنی و اصول مدیریتی، بهره‌برداری شود، کشت زراعتهای آبی سازگار که توأم با فن‌آوری‌های مربوط به آن باشد رضایتبخش بوده و این گروه آبها بعنوان منابع آبی در دسترس، می‌تواند مورد آزمایش و تجربه قرار گیرد.

کتاب حاضر که توسط آقایان مهندس مهدی ماهرانی، مهندس مهران نوروزی و مهندس محمود مسچی ترجمه و توسط آقای دکتر نی‌ریزی ویرایش گردیده از انتشارات ارزشمند کمیته ملی آبیاری و زهکشی ایران می‌باشد که امید است مورد توجه و استفاده مسئولین، کارشناسان و کلیه دست‌اندرکاران آب و خاک کشور قرار گیرد.

در پایان جا دارد از کلیه همکاران دبیرخانه کمیه ملی آبیاری و زهکشی ایران و گروه تایپ که در تکمیل این کتاب زحمت کشیده‌اند کمال تشکر و قدردانی بعمل آید.

کمیته ملی آبیاری و زهکشی ایران

استفاده از آب‌های شور و لب‌شور برای آبیاری

عملکرد و نقش آن در افزایش تولید غذا، حفاظت آب، آبیاری پایدار و کنترل تخریب منابع آب و خاک (J. D. Rhoades)

چکیده

مباحث ارائه شده نشان می‌دهد که به منظور تأمین نیازهای غذایی دنیا در آینده، آبیاری باید احیا و پایدار گردد. آمار و ارقام حاکی از این است که مدیریت فعلی سبب گردیده که منابع آب و اراضی تحت آبیاری به صورت جدی با مسئله شوری و ماندابی روبه رو باشند. امروزه مدیریت جامع بنحوی است که طی آن با پیش‌گیری، جداسازی و استفاده مجدد از زه آب شور زهکشی، اهداف افزایش تولیدات زراعی، حفاظت آب، کاهش میزان زهکشی و کنترل تخریب منابع آب و خاک حاصل گردد. در مقاله حاضر انواع مختلف روش‌ها و گزینه‌های استفاده مجدد از آب‌ها مورد بحث و بررسی قرار گرفته و به تلفات بالقوه "آب قابل مصرف" در راهبردهای "مخلوط کردن" توجه ویژه صورت می‌گیرد.

مقدمه

نیازهای غذایی دنیا به نحو بارزی در حال افزایش بوده، در حالی که منابع آب و خاک با محدودیت روبرو می‌باشند. از این رو :

الف- نیاز مبرمی به حفاظت آب، استفاده از آن با کارایی بیشتر، حفظ کیفیت آن و هم‌زمان، حفاظت منابع خاک وجود دارد.

ب - کشاورزی دنیا باید هم از نظر تولید پایه‌ای و هم از نظر تولید با منابع فعلی و حاضر توسعه یابد. در این راستا کشت آبی به توجه بیشتری نیاز دارد. زیرا میزان تولید بیشتر در واحد سطح با کشت آبی به دست می‌آید و به تغییرات اقلیمی وابستگی کمتری دارد. توسعه کشت آبی می‌تواند نقش قابل‌توجهی در اهداف تأمین و تثبیت نیازهای غذایی و الیافی دنیا داشته باشد.به‌هرحال منابع آبی جدید

برای چنین توسعه‌ای محدود است. کشت آبی بزرگترین مصرف‌کننده منابع آبی توسعه یافته و یا استحصال شده دنیا می‌باشد. به دلیل محدودیت منابع آب، دنیا تأکید بسیار زیادی بر استفاده مؤثرتر از منابع آبی حاضر و استفاده از آب‌های تلف شده و آب‌های شور (یا لب‌شور) برای آبیاری دارد. هم‌چنین باید بر پایداری و احیاء و حفظ اراضی آبی موجود و افزایش تولیدات غذایی در آن‌ها به‌خصوص در اراضی که در حال حاضر در حال نابودی و یا از بین رفتن می‌باشند تأکید داشت.

اعمال مدیریت آبیاری و زهکشی مناسب کلید اساسی حفاظت منابع آب و خاک، حفظ کیفیت آنها و تداوم کشت آبی برای جبران نیازهای غذایی دنیا باتوجه به افزایش جمعیت آن می‌باشد. در این ارتباط راه‌کارهای کاهش میزان آبشویی و همچنین کاهش میزان دفع زه‌آب‌های شور حاصله از آبیاری اهمیت ویژه‌ای دارد.

به علاوه من اعتقاد دارم برای تأمین نیازهای غذایی آینده برای تأمین نیاز که چاره و راه دیگری به جز حفظ و احیاء اراضی حاضر که در اثر شوری و ماندابی در حال نابودی می‌باشند وجود ندارد (Rhoades, ۱۹۹۷)

من هم‌چنین معتقدم که استفاده مجدد از زه‌آب‌های شور برای آبیاری عامل کلیدی اجرای مدیریت جامع در راستای افزایش تولید غذا، تداوم و احیاء آبیاری و حفظ منابع آب و خاک از ویرانی‌ها و خرابی‌های حاصل از شوری، ماندابی و زهکشی می‌باشد.

تاکنون توجه کافی به مسئله نابودی یا از بین رفتن آب و خاک نشده است به طوری که نه تنها از ادامه این امر جلوگیری به عمل نیامده، بلکه برای جبران خسارت وارده نیز هیچگونه کوششی به چشم نمی‌خورد. هم‌چنین ارگان‌های جهانی نیز خطر شوری که سبب تضعیف توانایی ما در تأمین غذا برای جمعیت فزاینده گردیده را به قدر کافی جدی نگرفته و برنامه‌ای برای حل مسایل فعلی و به طریق اولی برای آینده ندارند. من معتقدم تصور غلطی از انقلاب "سبز" که از قحطی بزرگ و پیش‌بینی شده جهانی در سال ۱۹۷۰ جلوگیری نمود در ذهن‌ها وجود دارد. نتایج این انقلاب تنها کارهای اصلاح نژاد گیاهان و فعالیت‌های مربوط به ژنتیک گیاهان نبود بلکه، مسئولیت بخشی از تخریب منابع آب و خاک به عهده این برنامه می‌باشد. همان‌گونه که بعداً نیز نشان داده شد این انقلاب بیشتر یک انقلاب "آبی" بود که توسعه سریع آبیاری را به دنبال داشت. این تصور غلط باعث گردید که تحقیقات و کوشش‌ها از مدیریت حفاظت آب و خاک دور شده و به بیومهندسی

گرایش پیدا نماید و مقامات کلیدی تصمیم‌گیر برای تأمین نیازهای جهانی غذا به راه‌کارهای گروه دوم اعتماد زیاد و بی‌جهتی نمایند. چنانچه نتایج ارائه شده در این مقاله صحیح باشد، ظرفیت تولید غذای آینده دنیا کمابیش به حفظ و حراست منابع آب و خاک دنیا بستگی خواهد داشت.

من امیدوارم اطلاعاتی که در این مقاله ارائه می‌شود بتواند :

الف- آگاهی بر اهمیت آبیاری در تولید غذا و جدی بودن مسئله شوری و مسایل ماندابی را تقویت نماید.

ب - سبب ترغیب و شروع مطالعات و برنامه‌هایی در ارتباط با مسایل فعلی و آینده شوری آب و خاک گردد.

ج - اطلاعات مفیدی برای برنامه‌ریزان و مدیرانی که باید برنامه‌های مؤثر و معنی‌دار در جهت استفاده مجدد از زه‌آب‌ها در آبیاری اجرا نمایند فراهم آورده و بتواند راه‌حل‌های حقیقی برای این مسایل ارائه نماید.

در راستای اهداف فوق اهمیت کشت آبی برای تولید جهانی غذا مورد بحث و بررسی قرار خواهد گرفت، و هم‌چنین در طول این مقاله علل اصلی وسعت و ابعاد گسترده شوری آب و خاک بیان خواهد شد. به علاوه سعی شده است که برخی نیازهای مهم، اصول و راهبردهای کنترل شوری خاک و حفظ کیفیت آب ناشی از آبیاری ارائه گردیده و دستورالعمل‌ها و راهبردهای مدیریتی در جهت استفاده مناسب از زه‌آب‌های شور برای تولید محصول، کاهش زهکشی، حفاظت آب و کنترل نابودی و از بین‌رفتن منابع آب و خاک نیز بیان شود. علت واقعی این امر این است که اعتقاد دارم در گذشته برنامه‌های زیادی با نیت خوب، ولی به لحاظ فنی غلط، برای استفاده مجدد از زه‌آب و کنترل شوری اجرا گردیده است.

من امیدوارم این مقاله جنبه‌های عملی و شفافی را برای تصمیم‌گیران فراهم آورد تا بتوانند در انتخاب گزینه‌های راهبردهای مدیریتی و روش‌های عملی آنها را مبنا قرار داده و مناسب‌ترین راه را از میان روش‌های متعددی که در گذشته به کار گرفته شده و بعضاً امروزه هم مورد استفاده قرار می‌گیرد در ارتباط با استفاده مجدد از زه‌آب‌های شور برای آبیاری و هم‌چنین بحث در ارتباط با مسایل شوری آب و خاک و نقش آن در تولید غذا و حفاظت محیط زیست در نقاط مختلف جهان برگزینند.

۱- اهمیت آبیاری در تولید غذا

جمعیت دنیا در سال ۲۰۰۰ برابر با ۶/۳ میلیارد نفر و در سال ۲۰۲۵ برابر ۸/۵ میلیارد نفر خواهد بود (سازمان ملل ۱۹۹۰) متوسط درآمد اغلب این جمعیت نیز در حال افزایش می‌باشد. افزایش جمعیت به تنهایی و با حفظ سطح فعلی تأمین غذا نیاز به افزایش تولیدات کشاورزی در حدود ۵۰-۴۰ درصد در طی سی تا چهل سال آتی را ضروری می‌سازد (در کشورهای توسعه‌یافته ۲۰ درصد افزایش و در کشورهای در حال توسعه ۶۰ درصد افزایش)، این نتایج بر اساس پیش‌بینی‌های سازمان خواروبار جهانی سازمان ملل (فائو) تدوین شده و نشان می‌دهد که میزان تقاضا برای غذا و محصولات الیافی و انرژی زیستی سالانه حدود ۲/۵ درصد در دنیا و ۳/۷ درصد در کشورهای در حال توسعه در حال رشد و افزایش می‌باشد (فائو, ۱۹۸۷). طبق آمار سازمان ملل (UNEP, ۱۹۹۲) رشد سالانه افزایش محصولات کشاورزی در دوره سال‌های ۱۹۷۰ تا ۱۹۹۰ حدود ۳ درصد در کشورهای توسعه یافته و حدود ۲ درصد در کشورهای در حال توسعه بوده است. باتوجه به آمار ارائه شده چنین نتیجه‌گیری می‌شود که بسیاری از کشورهای جهان باید قابلیت و پتانسیل خود را در تولید غذا افزایش داده، و جمعیت خود را کنترل نمایند تا در آینده بتوانند نیازهای غذایی خود را تأمین نمایند.

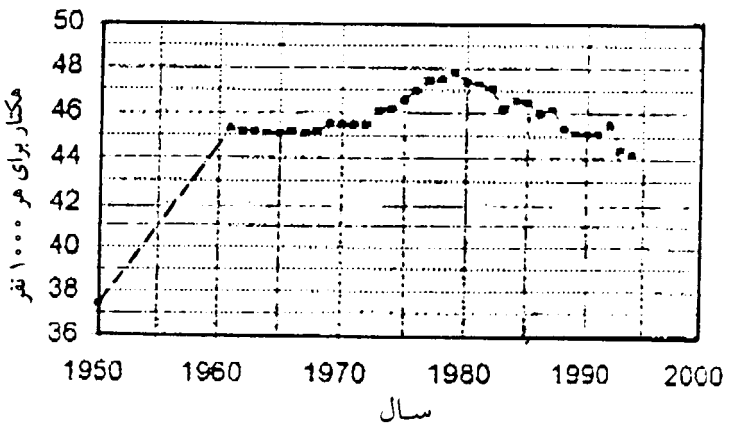
مطابق آمار (فائو, ۱۹۸۹) پتانسیل اراضی قابل کشت در دنیا ۳۱۹۰ میلیون هکتار می‌باشد که حدود ۴۶ درصد آنها در حال حاضر تحت کشت است. مساحت اراضی زیر کشت در سطح جهان در دوره سال‌های ۱۹۷۰ تا ۱۹۹۰ فقط ۴/۸ درصد رشد داشته است (۰/۳ درصد در کشورهای توسعه یافته و ۹ درصد در کشورهای در حال توسعه) میانگین جهانی سرانه زمین قابل کشت از ۰/۳۸ هکتار در سال ۱۹۷۰ به رقم ۰/۲۸ هکتار در سال ۱۹۹۰ کاهش داشته است که این امر مربوط به بیشتر بودن نرخ رشد جمعیت نسبت به

سطح زیر کشت اراضی برای کشاورزی بوده است. پیش‌بینی شده است اگر اراضی قابل کشت در حد کنونی ۱۴۷۴ میلیون هکتار باقی بماند، سرانه زمین قابل کشت به تدریج پایین آمده به طوری که معادل ۰/۲۳ هکتار در سال ۲۰۰۰ و ۰/۱۵ هکتار در سال ۲۰۵۰ میلادی خواهد شد. تخمین زده شده است که حدود $\frac{۲}{۳}$ افزایش مورد نیاز تولیدات کشاورزی در کشورهای در حال توسعه در دهه آتی باید از طریق افزایش تولیدات در واحد سطح حاصل گردد، چون انتظار می‌رود اراضی قابل کشت تنها بمیزان $\frac{۱}{۵}$ وسعت فعلی افزایش پیدا کرده و باقیمانده نیاز می‌باید با افزایش تراکم کشت حاصل شود (۱۹۸۸ ,فائو). همچنین انتظار می‌رود در حدود $\frac{۲}{۳}$ افزایش در اراضی قابل کشبت در اثر توسعه آبیاری حاصل گردد. باتوجه به آمار فوق و اطلاعاتی که بعداً ارائه خواهد شد نتیجه‌گیری می‌شود که افزایش تولیدات غذایی در کشورهای در حال توسعه بیشتر باید از توسعه اراضی قابل آبیاری حاصل شود. در این صورت دنیا قادر خواهد بود با گرسنگی گسترده مقابله نماید.

پیش‌بینی شده بود که در بسیاری از نقاط جهان از آغاز دهه ۱۹۶۰ کمبود و یا قحطی غذا به وجود آید. ولی این قحطی پدید نیامد. بسیاری معتقدند که عدم وقوع قحطی متأثر از اقداماتی بوده است که به "انقلاب سبز" معروف است. همان گونه که قبلاً نیز گفتم من عقیده دارم که این عدم وقوع بیشتر مدیون "انقلاب آبی" است یعنی این تحول ناشی از افزایش شدید در تأمین آب و اجرای پروژه‌های آبیاری بود که در تمام دنیا در دوره ۱۹۵۰ تا ۱۹۸۰ پدید آمده است. در این دوره رشد اراضی آبیاری درست معادل و برابر با افزایش رشد جمعیت در دنیا بود (جدول شماره ۱ و شکل شماره ۱ که از آقای قاسمی و همکاران ۱۹۹۵، فائو منتشره توسط انستیتوی Wordwatch در ۱۹۷۷ به دست آمده است).

جدول ۱- جمعیت و اراضی آبی در جهان از سال ۱۸۰۰ (آمار استخراج شده از قاسمی ۱۹۹۵ و انستیتو World watch در سال ۱۹۹۷)

مساحت اراضی آبی و جمعیت در دنیا			
سال(میلادی)	جمعیت (میلیارد نفر)	اراضی آبی (میلیون هکتار)	هکتار برای هر ۱۰۰۰ نفر
۱۸۰۰	۱	۸	۸
۱۹۰۰	۱/۵	۴۰	۲۶/۷
۱۹۵۰	۲/۵	۹۴	۳۷/۶
۱۹۶۱	۳/۰۷	۱۳۹	۴۵/۳
۱۹۶۵	۳/۳۵	۱۵۱	۴۵/۱
۱۹۷۰	۳/۷۱	۱۶۹	۴۵/۵
۱۹۷۵	۴/۰۸	۱۹۰	۴۶/۶
۱۹۷۹	۴/۳۷	۲۰۹	۴۷/۸
۱۹۸۰	۴/۴۵	۲۱۱	۴۷/۴
۱۹۸۵	۴/۸۶	۲۲۶	۴۶/۵
۱۹۹۰	۵/۳۰	۲۳۹	۴۵/۱
۱۹۹۴	۵/۶۳	۲۴۹	۴۴/۲



شکل ۱ - مساحت اراضی آبی دنیا نسبت به جمعیت (خلاصه شده آمار فائو توسط انستیتو Worldwatch)

افزایش اراضی آبی و هم‌چنین افزایش میزان تولید محصولات کشاورزی در واحد سطح توانست با افزایش ناشی از جمعیت در این دوره برابری نماید. البته تولید بالای واریته‌های مختلف گندم، برنج و ذرت در ابتدای این دوره کمک بسیار شایانی در این راستا به عمل آورد و نقش زیادی را ایفا نمود. اما به نظر می‌رسد که تفکیک صحیح تأثیر هریک از این دو عامل اهمیت داشته باشد البته نه به دلیل اینکه بخواهیم نقش واقعی منابع در افزایش‌های حاصله در تولید غذا در گذشته را روشن کنیم بلکه شاید بتوانیم از این طریق برنامه بهتری برای آینده طرح‌ریزی نماییم.

اراضی آبی در حال حاضر ۱۵ درصد اراضی قابل کشت را تشکیل می‌دهند ولی این اراضی حدود ۳۶ درصد از غذای دنیا را تأمین می‌نمایند (۱۹۸۸, فائو). در کشورهای در حال توسعه حدود ۶۰ درصد تولید اصلی غلات، برنج و گندم از اراضی آبی به دست می‌آید (Field, ۱۹۹۰). اراضی آبی در دنیا بالغ بر ۲۲۰ میلیون هکتار (Jenson, ۱۹۹۰)، ۲۲۷ میلیون هکتار (Ghassemi, ۱۹۹۵) یا ۲۴۴ میلیون هکتار (۱۹۹۷ آمار جمع‌آوری شده توسط Worldwatch Institute , فائو) تخمین زده می‌شود. در حدود ۷۵ درصد اراضی آبی در کشورهای در حال توسعه وجود دارد. در سال ۲۰۰۰ میلادی این نسبت به حدود ۹۰ درصد خواهد رسید.

تخمین زده می‌شود که جهت تأمین نیازهای جهانی غذا، اراضی آبی دنیا باید سالانه ۲/۲۵ درصد رشد داشته باشد (۱۹۸۸ ,فائو). در حالی که رشد سالانه توسعه اراضی آبی در دنیا در حال حاضر حدود ۱ درصد می‌باشد (Cast, ۱۹۸۸). این رشد از سال ۱۹۶۰ به بعد به سرعت کاهش یافته است. میزان این رشد در سال ۱۹۶۰ برابر با ۴/۱ درصد، در سال ۱۹۷۰ برابر ۳/۵ درصد و در سال ۱۹۸۰ برابر با ۲/۳ درصد تخمین زده شده است (جدول ۲ از Jensen etal, ۱۹۹۰ و جدول ۳ از Smedema, ۱۹۹۵). از سال ۱۹۷۹ نرخ توسعه اراضی آبی نسبت به میزان افزایش جمعیت دنیا سقوط خود را آغاز کرد (شکل شماره ۱ را مشاهده کنید). دلایل بسیاری برای کاهش نرخ توسعه اراضی آبی، و حتی کاهش مقدار مطلق خالص آن، وجود دارد. از جمله دلایل بالا بودن هزینه‌های موردنیاز

برای توسعه این اراضی است، در حقیقت اراضی و منابع تأمین آب که دسترسی به آنها ساده و ارزان می‌باشد هم‌اکنون توسعه یافته‌اند و برای توسعه جدید سرمایه‌گذاری بیشتری نیاز است.

جدول ۲- نرخ‌افزایش مساحت‌اراضی آبی در دنیا در دوره ۱۹۶۰ تا ۱۹۸۴ (Jensen ۱۹۹۰)

نرخ افزایش اراضی آبی در طول زمان	
سال	درصد
۱۹۶۰	۴/۱
۱۹۷۰	۳/۵
۱۹۸۰	۲/۳
۱۹۸۴	۱/۰

فقدان آب قابل دسترسی یکی از دلایل و محدودیت‌های مهم حدود ۶۰۰ میلیون هکتار اراضی قابل کشت و توسعه در سراسر جهان است (۱۹۸۸ ,فائو). یکی از دلایل دیگر عدم توسعه اراضی آبی عدم حصول عملکرد پیش‌بینی شده در اغلب طرح‌های آبیاری است که ناشی از راهبری و نگهداری نامناسب و عدم اعمال مدیریت صحیح و مؤثر می‌باشد (,۱۹۹۰فائو). اینکه گفته می‌شود کمتر از ۶۰ درصد آب‌های منحرف شده و یا پمپاژ شده برای اهداف آبیاری به مصرف تعرق گیاهان می‌رسد، به نظر غیرمعقول نمی‌آید. به علاوه همان‌طور که بعداً نیز نشان داده خواهد شد آبیاری نامناسب، خود باعث تخریب گسترده‌ای در منابع آب و خاک توسعه یافته فعلی گردیده است. به احتمال زیاد این تأثیر در آمار ارائه شده فوق در مورد اراضی تحت آبیاری به حساب نیامده، از این‌رو منابع مؤثر خاک که برای تولیدات زراعی در دسترس می‌باشند احتمالاً کمتر از آمارهای فوق

می‌باشد.

این مسئله در مورد توجیه پروژه‌های فعلی آبیاری نگرانی ایجاد نموده به صورتی که توسعه آتی را نیز مورد تردید قرار داده است. طبق نوشته‌های آقای دیوید سکلر مدیرعامل انستیتو بین‌المللی مدیریت آبیاری در حال حاضر میزان نابودی و از بین رفتن اراضی کشاورزی احتمالاً بیشتر از میزان اراضی است که در حال توسعه می‌باشد (۱۹۹۶ Seckler,). مطابق گفته‌های اومالی (Umali, ۱۹۹۳) اراضی شور با نرخی حدود ۲-۱ میلیون هکتار در هر سال افزایش می‌یابند که این رشد درست برابر میزان توسعه اراضی آبی در هر سال در تمام دنیا است. این اطلاعات یک نتیجه کلی را ارائه می‌نماید که حفظ اراضی آبی در مقیاس جهانی یک نیاز اساسی است. آمار و ارقامی که بعداً ارائه خواهد شد نشان می‌دهد که نیاز به فرصتی دیگر برای احیاء اراضی آبی توسعه یافته‌ای که تخریب گردیده‌اند وجود دارد.

باتوجه به کاهش زیاد نرخ توسعه اراضی آبی و عدم توانایی جلوگیری از این نزول و از بین رفتن وسیع اراضی توسعه یافته آبیاری پیش‌بینی می‌گردد که در بسیاری از نقاط جهان در چند دهه آینده قحطی رخ خواهد داد و این موضوع باید به طور جدی مورد توجه قرار گیرد و باید گفت که احتمال وقوع این قحطی بسیار بیشتر از دهه ۱۹۶۰ می‌باشد. زیرا برنامه‌های اصلاح نژاد گیاهان در دو دهه اخیر توفیقی در تولید و یافتن واریته‌های پرمحصول به دست نیاورده، لذا مقابله با قحطی پیش‌بینی شده با روش واقعی انقلاب سبز خیلی دور از انتظار خواهد بود (Brown, ۱۹۹۷, York, ۱۹۹۴). ارقام نشان می‌دهند که میزان باروری اراضی در دنیا در دهه ۱۹۹۰ تنها رشدی حدود ۰/۵ درصد در سال داشته است. درحالی که میزان این رشد در دوره ۱۹۸۶-۱۹۵۰ برابر با ۲/۵ درصد در سال بوده است (York, ۱۹۹۴).

در واقع چنین نتیجه‌گیری می‌شود که اغلب غلات به حد بیولوژیکی افزایش محصول به ویژه نسبت به کارآیی مصرف آب رسیده‌اند (Sinclair, ۱۹۹۴). اگر چنین چیزی حقیقت داشته باشد تقاضا برای منابع محدود آب و خاک در راستای تأمین جهانی

نیازهای روزافزون غذایی اهمیت بیشتری پیدا می‌نماید. طبق توصیه کمیته جهانی غذا، کشاورزی، جنگل و محیط زیست (۱۹۸۷) "چند دهه آینده چالش بزرگتری فراروی سیستم‌های غذایی دنیا قرار خواهد داشت که شاید در آینده دورتر نیز هرگز پیش نیاید." کوشش‌های مورد نیاز در افزایش تولید برای رویارویی با افزایش قابل توجهی که در میزان تقاضا قابل پیش‌بینی است و همزمان حفظ تمامیت محیط زیست و سیستم‌های غذایی هم در مقدار و هم در پیچیدگی بسیار عظیم خواهند بود. باتوجه به موانع موجود که اغلب نیز ساخته بشر است، احتمال شکست در این تلاش‌ها بیشتر از شانس موفقیت می‌باشد.

جدول ۳- سرعت توسعه مساحت اراضی آبی در دنیا (Smedema ۱۹۹۵)

توسعه مساحت اراضی آبی در دنیا از سال ۱۸۰۰ میلادی	
دوره	میلیون هکتار در سال
۱۸۰۰ - ۱۹۰۰	۰/۳
۱۹۰۰ - ۱۹۴۰/۴۵	۱
۱۹۴۰/۴۵ - ۱۹۷۰	۵
۱۹۷۰ - ۱۹۸۰	۴
۱۹۸۰ - ۱۹۹۰	۲

۲- نابودی خاک و آب در اثر عملیات آبیاری و زهکشی

در بسیاری از نقاط دنیا اثرات منفی زیست محیطی زیادی بروز نموده و هم‌چنین کارآیی اراضی تحت آبیاری ناشی از عواملی نظیر ماندابی اراضی، شور شدن اراضی، فرسایش، بیابان‌زایی، از دست دادن تنوع بیولوژیکی، امراض حمل شده از سمت دریا و اثرات نامطلوب استفاده از سموم کشاورزی بر روی سلامت انسان‌ها و اثرات زیست‌محیطی ایجاد نگرانی‌هایی نموده است (کمیته جهانی محیط زیست و توسعه، ۱۹۸۷). در حال حاضر ۵ تا ۷ میلیون هکتار از اراضی قابل کشت (۰/۵ - ۰/۳ درصد) هر ساله در اثر از بین‌رفتن خاک نابود می‌شوند. پیش‌بینی می‌شود که این میزان نابودی در سال ۲۰۰۰ بالغ بر ۱۰ میلیون هکتار در هر سال باشد (۱۷ درصد کل اراضی که اکنون تحت کشت می‌باشند). شوری خاک یکی از علل نابودی شیمیایی خاک محسوب میشود. ماندابی اراضی نیز از علل دیگر نابودی فیزیکی خاک در دنیا می‌باشد. بنابراین بسیاری از کشورهای دنیا نیاز مبرمی به مقابله با نابودی و عوامل محیطی مؤثر در کاهش اراضی آبی ناشی از آبیاری و زهکشی بیش از حد و به‌خصوص ماندابی شدن اراضی و شوری آب و خاک دارند، تا بتوانند و مطمئن باشند که نیازهای غذایی نسل آینده خود را تأمین می‌نمایند. فائو نتیجه‌گیری نموده است که توسعه آینده برای تولید غذا بستگی کامل به آبیاری مناسب و مدیریت آب و خاک و هم‌چنین نگهداری مستمر منابع کشاورزی حاضر و محیط زیست دارد و رعایت این فاکتورها جزو وظایف امروزی بشر به خصوص در نواحی خاور میانه می‌باشد (۱۹۹۵ ,فائو). هدف و طبیعت مسایل نابودی آب و خاک که در ارتباط با آبیاری و زهکشی می‌باشد با جزییات بیشتر در این بخش بررسی خواهد شد تا تعریف بهتری از طبیعت، وسعت و عوامل و علل بروز این مسایل مشخص شده و هم‌چنین چگونگی نقش استفاده مجدد از زه‌آب‌ها در کمک به کنترل این نابودی‌ها نشان داده شود.

۲-۱- وسعت و علل نابودی خاک

در حالی که هیچ‌گونه شک و تردیدی وجود ندارد که قسمت اعظم اراضی آبی تحت اثرات مضر شوری و ماندابی شدن قرار دارند. هیچ کس قادر نیست که وسعت و مساحت دقیق این اراضی تحت تأثیر را مشخص نماید.تخمین زده شده است که اراضی شور شده حداقل ۲۰ درصد و حداکثر ۵۰ درصد اراضی آبی دنیا می‌باشد (Adams & Hughes, ۱۹۹۰). نتایج ارزیابی جهانی تخریب خاک (GLASOD) نشان داده است که ۷۶/۶ میلیون هکتار در ۴۵ سال گذشته در اثر شور شدن اراضی توسط بشر از بین رفته است. تفکیک این اراضی که چه میزانی از آن آبی و چه میزانی اراضی غیر آبی بوده‌اند مشخص نمی‌باشد. برینگ (Buringh, ۱۹۶۶) تخمین زد که دنیا حداقل در هر دقیقه ۳ هکتار از اراضی قابل کشت خود را به دلیل شوری خاک و فرسایش که دومین عامل نابودکننده خاک در دنیا می‌باشد از دست می‌دهد (حدود ۱/۶ میلیون هکتار در سال). درن و همکاران (Dregne, ۱۹۹۱) تخمین زدند که در حدود ۴۳ میلیون هکتار از اراضی قابل آبیاری در مناطق خشک دنیا، تحت تأثیر عوامل مختلف تخریب که عمدتاً ماندابی، شوری و قلیایی بودن است قرار گرفته‌اند.

آنها هم‌چنین تخمین زدند که دنیا در هر سال در حدود ۱/۵ میلیون هکتار از اراضی خود را تنها به دلیل شوری خاک از دست می‌دهد. اومالی (Umali, ۱۹۹۵) گزارش مشابهی با همان نرخ تخریب در مورد شور شدن خاک‌ها ارائه کرد. قاسمی و همکاران در سال ۱۹۹۵ بسیاری از مراجع و تخمین‌های مختلفی راکه درگسترش نابودی خاک گزارش شده بررسی کرده‌اند. آنها تخمین زدند که در حدود ۲۰ درصد یا ۴۵/۴ میلیون هکتار از ۲۲۷ میلیون هکتار اراضی آبی تحت تأثیر نمک می‌باشند. آنها از طریق درصدهای متوسطی که در مورد ۵ کشور عمده دارای شبکه‌های آبیاری شامل هندوستان، چین، آمریکا، پاکستان و شوروی سابق، توسط دیگران گزارش شده به این اعداد رسیده‌اند. خاکهای هیچ قاره‌ای از تأثیر نمک مصون نمانده است. مسایل جدی که مرتبط با اثرات نمک می‌باشد حداقل در ۷۵ کشور دنیا در حال اتفاق افتادن است (Szaboks, ۱۹۸۹ , Ghessemi ۱۹۹۵). کشورهایی که با مسایل شوری به طور جدی

درگیر هستند شامل کشورهای استرالیا، چین، مصر، هند، عراق، مکزیک، پاکستان، شوروی، سوریه، ترکیه و ایالات متحده می‌باشند. در کنفرانس بیابان‌زدایی سازمان ملل در سال ۱۹۷۷ تخمین زده شد که ۲۲ میلیون هکتار از اراضی آبی دنیا دچار ماندابی شده‌اند (Holdgate, ۱۹۸۲). مطابق گزارش GLASOD، حدود ۱۰/۵ میلیون هکتار از اراضی در اثر فعالیت‌های بشری به وسیله ماندابی در عرض ۴۵ سال گذشته نابود شده است. وایت (White, ۱۹۷۸) نتیجه‌گیری نمود که ۵۰ درصد خاک‌های آبیاری شده در دره فرات سوریه، ۳۰ درصد در مصر و بیش از ۱۵ درصد در ایران تحت تأثیر شوری یا ماندابی می‌باشند. براساس اطلاعات استخراج شده از نقشه خاک‌های فائو و UNESCO در تمام دنیا، ماشالی (Mashali, ۱۹۹۵) تخمین زد که ۸۳/۴ میلیون هکتار از اراضی (نه لزوماً اراضی قابل کشت) در منطقه خاور نزدیک تحت تأثیر اثرات نمک می‌باشند. هم‌چنین او نتیجه‌گیری نمود که کشورهای خاور نزدیک که بیشتر تحت تأثیر نابودی خاک به دست خود انسان‌ها قرار گرفته‌اند شامل کشورهای مصر، ایران، عراق، پاکستان، سوریه، ترکیه، الجزایر، تونس، سودان و شیخ‌نشین‌های خلیج فارس می‌باشند. ماشالی بعداً به طور خلاصه مشخص نمود که مسئله شوری در خاور نزدیک به صورت زیر است:

"در عراق شوری و ماندابی بودن، مسئله بیش از ۵۰ درصد اراضی پایین‌دست دشت رافادین می‌باشد. در سوریه حدود ۵۰ درصد اراضی آبی در دره فرات به طور جدی تحت تأثیر شوری و ماندابی شدن قرار گرفته است. در مصر حدود ۳۳ درصد اراضی آبی تحت تأثیر شوری و قلیاییت با درجه‌های مختلف می‌باشد. در ایران ترکیبی از شوری، قلیاییت و ماندابی در بیش از ۱۵ درصد اراضی پدید آمده است. در پاکستان از ۱۵ میلیون هکتار اراضی آبی حدود ۱۱ میلیون هکتار تحت تأثیر شوری، ماندابی و یا هر دو با درجات مختلف می‌باشد. از ۳ میلیون هکتار اراضی که اخیراً در الجزایر مطالعه شده‌اند حدود ۶۰۰ هزار هکتار تحت عنوان خاک‌های تحت تأثیر نمک طبقه‌بندی شده است. در تونس حدود ۱/۵ میلیون هکتار از خاک‌ها تحت تأثیر نمک می‌باشند که ۲۰۰ هزار هکتار از آنها اراضی آبی است."

آمار لیست شده که در بالا ارائه گردید بر اساس مشاهدات و کمیت‌های مشاهده شده در طبیعت می‌باشد. چون تاکنون یک وسیله عملی برای اندازه‌گیری وسعت و شدت

اراضی شور شده وجود نداشته (Rhoades, ۱۹۹۰)، لذا ارقام ارائه شده را نمی‌توان دقیق فرض کرد لیکن همین اعداد برای اهداف من کافی بوده و مانعی به وجود نخواهد آورد زیرا علیرغم کمبود آمار و ارقام دقیق، این مسئله جدی است که خاک‌های اراضی شور شده دنیا ارقام زیاد و عظیمی را تشکیل می‌دهند. به علاوه متخصصین ICID، بانک جهانی و فائو نیز نتیجه‌گیری نموده‌اند که بزرگترین عامل فنی کاهش تولیدات کشاورزی در اراضی آبی در مناطق خشک و نیمه‌خشک ماندابی شدن و شوری خاک است (۱۹۹۰ Jensen,). گروه بین‌المللی دیگری شامل متخصصان تولید غذا و جمعیت، مشابه مسایل فوق را در کنفرانس بیابان‌زدایی که در سال ۱۹۹۲ در نایروبی تشکیل شد انتشار دادند. در این مقالات توصیه‌های زیر همراه بوده است (UNDP, ۱۹۹۲).

توصیه می‌گردد که اندازه‌گیری‌های فوری و ضروری صورت گیرد تا بدینوسیله از طریق جلوگیری و کنترل شوری و قلیایی شدن اراضی با بیابان‌زایی مقابله نمود. این عمل می‌تواند به وسیله اصلاح روش‌های کشاورزی در جهت افزایش منظم و پایدار باروری اراضی ماندابی، توسعه پروژه‌های آبیاری جدید و بهبود خاک، و همچنین توسعه شرایط اقتصادی و اجتماعی مردمی که زندگی آنها با کشاورزی وابسته می‌باشد، صورت گیرد.

آمار گزارش‌های ارائه شده فوق صراحتاً نشان می‌دهد که ماندابی اراضی و شوری خاک، با یکدیگر آمیخته و ترکیب می‌گردند و یا حداقل به طور وضوح قابل تفکیک از یکدیگر در ارزیابی‌ها نمی‌باشند. این امر به دلیل این است که رابطه بسیار نزدیکی بین عمق آب زیرزمینی، شوری آبهای زیرزمینی، مشخصات هیدرولیکی خاک و میزان تجمع نمک در خاک‌ها به خصوص در طبیعت مناطق نیمه‌خشک وجود دارد. خاک‌های شور دنیا عموماً در مناطق خشک و نیمه‌خشک و هم‌چنین به طور نسبی در اراضی که از نظر زهکشی وضعیت بسیار نامناسبی دارند یافت می‌گردد. این پدیده عموماً در نتیجه تمرکز مقادیر زیاد نمک که اساساً در خاک‌ها وجود دارد و حرکت آنها به لایه‌های زیرین در اثر آبیاری متوالی و آبشویی خاک صورت پذیرفته و مجدداً با توزیع دوباره و متوالی در اراضی که با محدودیت زهکشی مناسب روبرو هستند تجمع نموده به وجود می‌آید. اراضی که دارای محدودیت زهکشی می‌باشند اغلب در محدوده پایین‌دست دشت‌ها قرار دارند، یعنی در جایی که سطح آب در نزدیکی سطح زمین می‌باشد و در این مناطق نمک‌ها در اثر

تبخیر و جریان آب در خاک‌های فوقانی تجمع و تمرکز می‌یابند. آب‌های زیرزمینی کم‌عمق نیز خود به دلایل وضعیت پست بودن اراضی توپوگرافی ممکن است به وجود بیاید. زهکشی آب‌ها از مناطق با رقوم بالاتر در دشت‌ها ممکن است باعث افزایش سطح آب زیرزمینی در قسمت‌های انتهایی آن دشت‌ها گردد تا جایی که بیش از حد به سطح زمین (حدود ۲ متری) نزدیک شوند. میزان نفوذپذیری خاک‌ها در این قسمت‌های انتهایی به دلیل بالا بودن میزان رس آنها معمولاً بسیار کم است. وجود مقادیر زیاد رس در این مناطق باعث کند شدن حرکت عمقی آب در خاک و درنتیجه کاهش قابلیت زهکشی زمین می‌گردد. بسیاری از پروژه‌های آبیاری به دلیل حاصلخیزی خاک‌ها و داشتن شیب مناسب برای آبیاری در مناطق انتهایی دشت در محدوده مخروط افکنه و دامنه‌های آن قرار دارند. اگرچه خاک‌های شور عموماً در اثر شرایط طبیعی ایجاد می‌شوند، ولی مسایل شوری محلی که در برابر توسعه کشاورزی وجود دارد، در خاک‌هایی به وجود می‌آید که قبلاً حاصلخیز بوده و در نتیجه فعالیت‌های کشاورزی شور می‌شوند (این پدیده را شور شدن ثانوی می‌نامند).

همان‌گونه که در بالا توضیح داده شد، مناطقی که تحت تأثیر نمک قرار گرفته‌اند به میزان قابل توجهی با توزیع مجدد آب (از این رو توزیع مجدد نمک) از طریق آبیاری و زهکشی اصلاح شده‌اند. توسعه پروژه‌های بزرگ آبیاری و زهکشی که همراه با انحراف آب رودخانه‌ها، احداث مخازن بزرگ ذخیره آب و آبیاری اراضی وسیعی می‌باشند باعث بروز تغییرات چشمگیر و زیادی در آب طبیعی و تعادل نمک در مجموعه کلی در سیستم‌های ژئوهیدرولوژی می‌گردند. اثرات این توسعه فراتر از اراضی مجاور محدوده آبیاری بوده و حتی می‌توانند کشورهای همسایه را نیز تحت تأثیر قرار دهند. این گفته که کمتر از ۶۰ درصد آبی که برای آبیاری اختصاص داده می‌شود صرف تبخیر و تعرق گیاهان می‌گردد چندان غیر معقول نیست (Jensen et al, ۱۹۹۰) طبق اظهارات بای‌بوردی ۱۹۸۹ راندمان مصرف آبیاری در ایران به ندرت بالای ۲۰ درصد می‌رسد. آب آبیاری مازاد بر آنچه به مصرف محصولات کشاورزی می‌رسد از منطقه ریشه گیاهان خارج می‌گردد. همان‌طور که در بالا گفته شد این زه‌آب اغلب نمک‌های موجود در خاک و لایه‌های زیرین که ماهیت زمین‌ساختی دارند را در خود حل نموده و در اراضی پایین‌دست

تجمع پیدا کرده و شوری ایجاد می‌نماید.

با این عمل نمک‌های محلول موجود در خاک و لایه‌های زیرین آن به سمت مناطق پست حرکت کرده و در آنجا تجمع پیدا می‌کنند و در طی مدت زمان باعث شوری خاک‌ها و آب‌های زیرزمینی می‌گردند. در بسیاری از پروژه‌های آبیاری آب از کانال‌های انتقال پوشش نشده و یا دارای پوشش ناکافی نشت می‌نماید و میزان آن ممکن است قابل توجه باشد. آقای لاو و همکاران (Law et al, ۱۹۷۲) تخمین زدند که حدود ۲۰ درصد از مجموع کل آبی که برای آبیاری در ایالات متحده به مصرف می‌رسد از طریق نشت از کانال‌های انتقال و آبیاری تلف می‌گردد. بیسواس (۱۹۹۵) تخمین زد که ۵۷ درصد از کل آب‌هایی که برای آبیاری منحرف و مصرف می‌گردد در کانال‌های انتقال و توزیع به هدر می‌رود. این میزان نشت آب به خاک‌های زیرین نفوذ نموده و منتقل می‌شود و در اینجا با آب‌های اضافه که در اثر عدم راندمان مناسب در مزارع به هدر رفته است ترکیب شده و مسایل ماندابی اراضی را تشدید می‌نمایند. یک‌مثال کلاسیک از بالاآمدن سطح آب زیرزمینی بعد از پیاده شدن طرح آبیاری در پاکستان به وقوع پیوسته که توسط جنسن و قاسمی برگرفته از مقاله گرین‌من (Greenman, ۱۹۶۷, Ghassemi, ۱۹۹۵, Jensen,۱۹۹۰) منتشر گردیده است. سطح آب زیرزمینی در اراضی تحت آبیاری در منطقه یاد شده بین سه شاخه رودخانه از ۲۰ تا ۳۰ متر در یک دوره ۱۰۰-۸۰ ساله بالا آمده و تقریباً به سطح زمین رسیده است. در یک منطقه سطح آب زیرزمینی به صورت خطی از سال ۱۹۲۹ تا ۱۹۵۰ بالا آمد که از نفوذ عمقی و نشت آب در اثر آبیاری به عنوان عوامل اولیه این مسئله نام برده شده است. احمد (۱۹۸۶) نتیجه‌گیری کرده است که در حدود ۵۰ درصد آب‌هایی که به داخل کانال‌ها منحرف می‌گردد در نهایت در اثر نشت و نفوذ عمقی به آب‌های زیرزمینی می‌پیوندد. در سال ۱۹۸۶ عزیز تخمین زد که حدود ۱۰ میلیون هکتار از اراضی تحت کشت در پاکستان دچار مسئله ماندابی شده‌اند. این مطلب را باید پذیرفت که شور شدن برخی خاک‌ها (و آب‌ها) در اثر آبیاری اجتناب‌ناپذیر است (Roades et al, ۱۹۷۴). معمولاً آب آبیاری دارای ۰/۱ تا ۴ کیلوگرم نمک در یک مترمکعب می‌باشد و سالیانه حدود ۱ تا ۱/۵ متر آب به مصرف می‌رسد. در نتیجه در هر هکتار در هر سال ۱ تا ۶۰ میلیون گرم نمک به خاک‌های آبیاری شده اضافه می‌شود. نمک

موجود در آب‌های آبیاری در خاک باقی مانده و آب خالص در اثر فرایند تبخیر و تعرق گیاهان به جو زمین بر می‌گردد. بنابر این لازم است به عنوان شستشو مقداری آب اضافه‌تر از نیاز گیاهان به مصرف برسد تا از تجمع نمک در منطقه ریشه گیاهان جلوگیری شود. لذا برای حفظ پایداری آبیاری مقداری از آب‌ها باید از منطقه ریشه زهکشی شوند، اما همان‌گونه که در بالا توضیح داده شد این مقدار آب عمدتاً بیش از حد بوده و به همراه نشت آب از کانال‌ها عامل اصلی ماندابی و شور شدن اراضی در مقیاس وسیع می‌باشد.

فهرست و بررسی‌های دقیق‌تری برای تعیین علل شوری خاک و ماندابی اراضی نیاز می‌باشد، هم‌چنین لازم است روش‌های عملی مناسب‌تری برای پایش و ارزیابی روند آنها و تعیین ریشه‌های این مسایل در مقیاس مزرعه و منطقه‌ای به کار برد تا بتوان با این مسایل بهتر برخورد نمود. چنین روش و شیوه‌ای در مقاله دیگری بحث گردیده است (Roades, ۱۹۹۰ b).

۲-۲-گسترش و علل آلودگی آب

نقش کشت آبی در شور شدن خاک‌ها از صدها سال گذشته به خوبی تشخیص داده شده است. ولی شناخت تأثیر شور شدن منابع آب ناشی از فعالیت‌های کشاورزی که خود پدیده گسترده‌ای است مربوط به سال‌های اخیر می‌باشد. در واقع در همین دهه گذشته مشخص گردیده است که وجود برخی ترکیبات سمی مانند As, Mo, Se در زه‌آب‌های زهکشی اراضی کشاورزی ممکن است مسایل آلودگی به وجود آورده و در نتیجه تبدیل به یکی از محدودیت‌های جدی برای تداوم آبیاری در بسیاری از پروژه‌ها گردیده است (Letely et al, ۱۹۸۶, Letely ۱۹۹۴).

همان‌طور که در بالا توضیح داده شد آب مازاد بر مصرف گیاهان به داخل خاک نفوذ پیدا کرده و از منطقه ریشه عبور می‌نماید. این آب حاوی اغلب نمک‌های اضافه شده از محیط خاک بوده با حجم کمتر و غلظت بیشتر همراه با آب‌های ناشی از نشت آب از کانال‌ها در حین نفوذ عمقی اغلب نمک‌های خاک و لایه زیرین را حل می‌نمایند. این نمک‌ها مازاد بر مقدار معمول نمک در آب آبیاری می‌باشند. لذا این تغلیظ نمک و قابلیت

انتقال آن از طریق آب عامل اصلی آلودگی می‌گردد.

منابع آلوده کننده دیگر کودهای شیمیایی و سموم بوده که به خاک اضافه می‌گردند و امکان حرکت آنها در اثر شستشو و اضافه شدن آنها به آب زهکش‌ها وجود دارد. این آب شور شده و آلوده در صورتی که اجازه اختلاط آنها با آب‌های با کیفیت بهتر داده شود، قابلیت مصرف آنها را کاهش می‌دهد.

تقریباً تمام کشورهایی که با مسئله شوری خاک روبرو هستند با مسئله شوری منابع آب مصرفی برای تولید محصول و جریان یافتن آب زهکشی شور به داخل آنها نیز مواجه‌اند. این مسئله به خصوص در مورد رودخانه‌هایی که به مقدار زیادی از آب آنها در آبیاری استفاده شده و زهکش‌های مربوطه مستقیم و یا غیرمستقیم در چرخه استفاده در پایین‌دست قرار می‌گیرد وجود دارد. برخی از این مثال‌ها برای رودخانه‌هایی مشابه توسط قاسمی (۱۹۹۵) لیست شده است. رودخانه ماریی (Murray) در جنوب غربی استرالیا و کلرادو در جنوب غربی آمریکا دو نمونه بسیار خوب و گویا برای این مسئله می‌باشند. در مثال‌های بارز دیگر در این زمینه می‌توان از رودخانه سیر دریا (سیحون) در شوروی سابق نیز نام برد. در آمریکا حدود ۳۰ درصد نمک موجود در آب مقاطع پایین‌دست رودخانه کلرادو ناشی از فرآیندهای آبیاری است. در ایران ۶ میلیارد مترمکعب از آب‌های لب شور در هر سال در رودخانه‌ها جریان می‌یابند. بیشتر این نمک‌های حمل شده توسط این رودخانه‌ها حاصل عبور رودخانه‌ها از بسترهای حاوی رسوبات نمکی است ولی مقادیر قابل‌توجهی از این املاح نیز در نتیجه فرایند فعالیت‌های آبیاری و زهکشی است. این رودخانه‌ها شامل کارون، دز، زاینده‌رود، زرینه‌رود و کر می‌باشند.

در عراق مقادیر اندازه‌گیری شده نمک رودخانه دجله در سال ۱۹۸۲ نشان داد که مقدار نمک به تدریج در موصل از ۲۹۲ میلی‌گرم در لیتر و در بغداد از ۴۹۶ میلی‌گرم در لیتر به مقدار ۸۲۲ میلی‌گرم در لیتر در محل قرنا، در ۶۰ کیلومتری شمال غربی شهر بصره، افزایش یافته است. اغلب این افزایش نمک در اثر فعالیت‌های آبیاری است که البته مقدار دقیق آن معلوم نیست.

البته برخی از رودخانه‌ها آنچنان که در بالا آمده تحت تأثیر آبیاری نمی‌باشند. برای مثال رودخانه نیل در مصر دارای بهترین کیفیت آب آبیاری (کمتر از ۳۵۰ میلی‌گرم در لیتر)

در طول مسیر می‌باشد. با وجود آنکه اکثر آب‌های آبیاری مورد استفاده به داخل آن زهکشی می‌شوند (EL-DIN, ۱۹۸۹) این مسئله بدین علت است که منابع آب این رودخانه بسیار خالص بوده (حدود ۲۵ میلی گرم بر لیتر) و از نظر زمین‌ساختی نیز منبع نمک قابل ملاحظه‌ای در رسوبات زیرین اراضی تحت آبیاری واقع در جنوب منطقه دلتای شمالی وجود ندارد. در صورتی که در قسمت‌های شمالی دلتا که تحت تأثیر شوری آب دریا می‌باشد، مقدار نمک اندازه گرفته شده در آب‌های زهکشی بسیار عظیم است (Abu-Zeid, ۱۹۸۹). ولی با توسعه بهره‌برداری از آب این رودخانه در آینده (منابع آب مصر دارای محدودیت زیادی بوده و تنش آبی در این کشور در حال گسترش است از این رو استفاده از آب زهکش‌ها برای مصارف آبیاری در حال افزایش است)، شوری آب رودخانه افزایش یافته و از نظر ترکیب بیشتر به آب زهکش‌ها نزدیک خواهد شد. در پاکستان رودخانه ایندوس و شاخه‌های آن منابع اصلی برای آبیاری می‌باشند. همانند رودخانه نیل این رودخانه نیز در تمام طول خود دارای کیفیت بسیار خوبی است که محدوده آن از ۱۵۰ تا ۴۵۰ میلی‌گرم در لیتر تغییر پیدا می‌کند. میزان شوری رودخانه ایندوس در پایین‌دست علیرغم اینکه حدود ۷۰ درصد دبی متوسط سالانه آن برای آبیاری مورد استفاده قرار می‌گیرد افزایشی به دنبال ندارد. در این مورد دلیل عدم افزایش میزان شوری رودخانه این است که مقدار آب‌های برگشتی به رودخانه بسیار کم است. پاکستان دارای سعادت بزرگی است زیرا یک آبخوان آزاد که دارای ضریب آبگذری بالایی می‌باشد زیر تمام دشت ایندوس وجود دارد. ظرفیت این آبخوان ۵۰ تا ۱۰۰ برابر جریان متوسط سالانه سیستم رودخانه ایندوس می‌باشد. این آبخوان توسط باران، رودخانه‌ها و نشت ناشی از سیستم‌های انتقال و کاربرد آبیاری در مزرعه تغذیه می‌شود (Ahmad & chaudhry ۱۹۹۰).

میزان شوری آب زیرزمینی در این آبخوان از حدود ۱۰۰۰ میلی‌گرم در لیتر در حوضه‌های بالادست (حدود ۶/۴ میلیون هکتار) تا بیش از ۳۰۰۰ میلی‌گرم در لیتر در حوضه‌های پایین‌دست (حدود ۶/۵ میلیون هکتار) افزایش پیدا می‌نماید. حدود ۳/۶۵ میلیون هکتار از اراضی آبی تحت پوشش آب‌های زیرزمینی با شوری ۳۰۰۰-۱۰۰۰ میلی‌گرم در لیتر می‌باشد (WAPDA ۱۹۸۸).

علاوه بر شوری، کیفیت آب‌های زیرزمینی به وسیله نیترات‌های حاصل از منابع کودی نیز آلوده می‌شود. میزان نیترات در برخی نقاط از ۳ میلی‌گرم در لیتر قبل از شروع دوران آبیاری به صدها میلی‌گرم در لیتر در حال حاضر افزایش یافته است (Sajjad, ۱۹۹۳). بنابراین پاکستان نه تنها دارای آب سطحی فراوان مناسب برای آبیاری تمام گیاهان بوده، بلکه دارای منابع آب‌های زیرزمینی مناسب زیادی نیز برای کشت محصولات خاص می‌باشد. طبق تحقیقات احمد و چاودری (۱۹۸۸) در سال آبی ۱۹۸۱-۱۹۸۰ حدود ۱۲۰/۵۵ میلیارد مترمکعب آب برای آبیاری استفاده شده است که از این مقدار حدود ۸۰/۴ میلیارد مترمکعب از آب سطحی توسط کانال‌ها و ۴۰/۱ میلیارد مترمکعب از آب‌های زیرزمینی تأمین شده است. نسبت بالای بهره‌برداری از آب‌های زیرزمینی برای آبیاری در پاکستان به جز تأمین آب اهداف مفید دیگری را نیز در بر می‌گیرد. ازجمله اینکه به پایین نگهداشتن سطح آب زیرزمینی که زهکشی را تسهیل نموده و در نتیجه شوری خاک کنترل می‌شود کمک می‌نماید. بسیاری از کشورها چنین میزانی از آب‌های سطحی و زیرزمینی فراوان و مناسب را برای اهداف آبیاری در دسترس ندارند. چنین کشورهایی باید در مصرف و حفظ کیفیت آب‌های مناسب خود نهایت دقت را بنمایند. حفظ کیفیت منابع آب در ارتباط با جریان آب‌های برگشتی که روی این کیفیت تأثیر زیادی دارد حائز اهمیت می‌باشد.

مطالب فوق نشان می‌دهد که تخصیص و مصرف آب اضافی برای آبیاری، غلظت این آب در اثر تبخیر و تعرق، نفوذ عمقی زه‌آب‌های غلیظ، حرکت نمک‌های اضافی زمین‌ساختی لایه‌های زیرین همراه زه‌آب‌ها و برگشت این آب‌ها به آب‌های سطحی باعث افزایش نمک در پایین‌دست (آلودگی) می‌گردند. این الگو در بسیاری از سیستم‌های رودخانه‌ها در سرتاسر دنیا که هم به صورت آبیاری و هم به صورت زهکشی مورد استفاده قرار می‌گیرند، دیده می‌شود. زه‌آب زهکشی حاصل از کشاورزی بعضاً با هدف صرفه‌جویی آب، افزایش بازده مصرف آب یا تحصیل آب بیشتر برای توسعه آبیاری به مجاری معمول تأمین آب برگردانده می‌شود. هم‌چنین بعضی از سازمان‌های دولتی مسئول کنترل کیفیت آب جهت مقابله با آلودگی زه‌آب کشاورزی اجازه می‌دهند تا حد قابل قبولی غلظت نمک و محلول‌های خاص در آب بالا رود، یا به صورت مخلوط کردن یا رقیق کردن

آب شور زهکشی با آب با کیفیت خوب این غلظت را کنترل می‌نمایند، به صورتی که غلظت کل نمک (یا محلول خاصی) از یک حد معین (معروف به حد ایمن) تجاوز نکند، این عمل یک کار مجازی در تأمین آب به نظر می‌رسد.

این عمل از کارهای اساسی و اصلی و جزو یکی از برنامه‌های کشور مصر بوده که برای توسعه اراضی آبیاری جدید در صحراهای غرب و شرق در حال به‌کارگیری آن می‌باشد (Abu Zeid, Adel ۱۹۹۱). در حال حاضر سالانه حدود ۱۳/۵ میلیارد مترمکعب از زه‌آب‌های مصر بلا استفاده به دریای مدیترانه و دریاچه‌های ساحلی جریان می‌یابد. حدود ۶۵ درصد این زه‌آب‌ها دارای شوری کمتر از ۲۰۰۰ میلی‌گرم در لیتر می‌باشند. هدف و طرح کارشناسان مصری این است که بخش عمده‌ای از این زه‌آب‌ها را با آب‌های جاری در کانال‌ها که دارای شوری کمی می‌باشند مخلوط نموده تا یک آب با شوری ۶۰۰-۵۰۰ میلی‌گرم در لیتر حاصل گردد و این آب برای آبیاری در اراضی جدید مورد استفاده قرار گیرد. من فکر می‌کنم که چنین اختلاطی کوتاه‌نگری است و عملی در خلاف جهت تولید می‌باشد. افرادی که این عمل اختلاط را تبلیغ می‌کنند بایستی به اثر زیان‌آور این عمل نیز توجه داشته باشند زیرا در این صورت قابلیت استفاده آب تأمین شده کاهش می‌یابد. عمل اختلاط به‌طورکلی حداکثر سوددهی عملی و قابل حصول آب تأمین شده را کاهش می‌دهد برگشت آب‌های شور به آب‌های تأمین شده و اختلاط آن حتی زمانی که رقیق شدن به طور کافی و کامل اتفاق افتاده و میزان نمک آب اختلاطی حاصل در محدوده مطمئن باشد با این وجود کمیت آب تأمین شده که می‌تواند در فرآیند مصرف گیاهان قرار گیرد را کاهش می‌دهد (دلایل در زیر توضیح داده شده است). مطالب فوق نشان می‌دهد که گستردگی و وسعت منطقه‌ای منابع آلودگی آب مرتبط با شوری ناشی از آبیاری هنوز از نظر کمی کاملاً شناخته شده نیست و یک فهرست و یا صورت‌برداری از این موضوع باید تهیه گردد. به خصوص آماری که بیانگر تأثیر شوری بر کاهش قابلیت استفاده از آب در تولید زراعی است. منطق این کار در ارتباط با مفهوم مناسب و ارزیابی چنین قابلیت استفاده‌ای، بعداً تشریح می‌گردد. روش تعیین منطقه‌های پخش منابع حامل نمک در اثر آبیاری در جایی دیگر ارائه گردیده است (Rhoades, ۱۹۹۰ C).

۳- نقش استفاده مجدد از آب شور حاصل از زهکشی در تولید محصولات کشاورزی، حفاظت آب و کنترل شوری آب و خاک

۳-۱- مقدمه

در حالی‌که ضرورت کشت آبی غیرقابل انکار می‌باشد مانند بسیاری از فنون پاره‌ای عوارض جنبی به همراه خواهد داشت. در حالی که آب آبیاری سبب افزایش قابل ملاحظه‌ای در تولید می‌گردد، استفاده مازاد آن سبب تلفات آبی و افزایش زه‌آب گردیده که نتیجتاً سبب آلودگی آب‌های سطحی و زیرزمینی شده و تخریب بهره‌وری و تغییر اکولوژیکی بخش عظیمی از اراضی در سطح جهان را به همراه خواهد داشت. آلودگی منابع آب از طریق زه‌آب در بسیاری از مناطق سلامت جامعه را به خطر انداخته و آب‌های سطحی و زیرزمینی در بسیاری از مناطق به موادی نظیر نمک، کودهای شیمیایی، حشره‌کش‌ها و آفت‌کش‌ها آلوده شده‌اند. مواد شیمیایی سمی بعضی از منابع آب را غیرقابل شرب و حتی نامناسب برای آبیاری نموده‌اند. این‌گونه مواد آلوده‌کننده هم‌چنین سبب تخریب استفاده رفاهی و زیبایی آب‌های سطحی شده‌اند. به علاوه در پاره‌ای از نقاط دنیا هزینه سنگینی را به آبیاری تحمیل نموده تا آلودگی آب زهکشی را از این مواد کاهش داده یا محدود نماید.

تأمین مکانی مناسب و قابل قبول برای تخلیه زه‌آب به تدریج تبدیل به مشکل بزرگی به ویژه در کشورهای پیشرفته دنیا شده است، آب شور و شیرین را غالباً برای کاهش آلودگی حاصله از زه آب مخلوط می‌نمایند. اما این عمل باعث کاهش پتانسیل قابلیت استفاده از کل منابع آب می‌گردد. استفاده از آب‌های شور حاصل از زهکشی برای آبیاری، که در این مقاله مورد بحث قرار می‌گیرد، دارای محدودیت‌های خاص و معایب ویژه‌ای است اما به هر حال در جهت گسترش تولید مواد غذایی، کاهش نیاز زهکشی، حفاظت آب و کنترل

تخریب آب و خاک مؤثر می‌باشد.

اکثر عوامل تخریب خاک (شوری و ماندابی) در رابطه با کشت آبی در سراسر دنیا و به همراه آن تخریب کیفیت آب، ناشی از عدم راندمان مناسب در توزیع و کاربرد آب آبیاری است. این عمل حرکت و تمرکز محلول آب اضافی و نمک به نقاطی خاص متناسب با شرایط ژئوهیدرولوژی خاک را افزایش داده، هم‌چنین سبب نفوذ آب شور حاصله از زهکشی به درون منابع تأمین آب شیرین می‌گردد. این موضوع در قسمت‌های بعدی تشریح می‌گردد، نکته مهم اینکه حتی استفاده از آب‌هایی با میزان شوری پایین در آبیاری نیز ممکن است باعث این‌گونه مسائل گردد. بنابراین ممکن است چنین برداشت شود که استفاده از آب‌های شور و لب‌شور در آبیاری تنها سبب افزایش این‌گونه مسایل می‌باشد. ولی برخلاف این تصور باید گفت که این تعبیر صحیح نیست. استفاده مجدد از پاره‌ای آب‌های شور حاصل از زهکشی که بعداً مورد بحث قرار خواهد گرفت، در صورت اعمال مدیریت مناسب سبب افزایش شوری خاک و یا ماندابی نمی‌گردد. در حقیقت جلوگیری از نفوذ آب‌های شور حاصل از زهکشی به لایه‌های خاک پایین‌تر از منطقه فعالیت ریشه گیاهان و استفاده مجدد آنها برای آبیاری به طور کلی میزان تخریب خاک در رابطه با نفوذ عمقی، حرکت نمک، ماندابی و شوری ثانویه که غالباً در اراضی تحت آبیاری اتفاق می‌افتد را کاهش می‌دهد (۱۹۸۹ ,رودز). هم‌چنین مسائل آلودگی آب در اثر تداخل آب شور حاصل از زهکشی و منابع آب‌های شیرین کاهش می‌یابد (۱۹۸۹ ,رودز).

به همین دلیل، حمایت من از سیستم مدیریت جامع آبیاری و زهکشی فقط به خاطر تسهیل در استفاده از آب‌های شور حاصل از زهکشی برای آبیاری نبوده بلکه حفاظت آب و محدود نمودن تخریب منابع آب و خاک در رابطه با زهکشی را نیز دربر می‌گیرد. این سیستم در بخشهای بعدی مورد بحث بیشتری قرار خواهد گرفت.

به منظور غلبه بر مسائل شوری آب و خاک که قبلاً ذکر گردید راه‌کارهای جدیدی می‌باید در دنیا برای اراضی تحت آبیاری ابداع و اجرا نمود تا بتوان کاربرد بیش از حد آب آبیاری، توسعه شور شدن خاک و ماندابی اراضی را کاهش داده و از کیفیت منابع تأمین آب حفاظت نمود. هم‌چنین باید تلاش نمود و راه‌کارهای بهتری در جهت کاربرد فنون موجود

متناسب با این گونه نیازها ابداع کرد. راندمان آبیاری باید از طریق توسعه و کاربرد راهبردهای مدیریتی، سیستم‌ها و روش‌های اجرایی مناسب و آموزش افزایش یابد. استفاده مجدد از آب‌های شور حاصل از زهکشی و آب‌های کم‌عمق زیرزمینی برای تولید محصول می‌باید جزء کاملی از برنامه‌های حفاظت آب و خاک و محیط زیست باشد. معیارهای کنترل مؤثر شوری باید در راستای کشت آبی پایدار و جلوگیری از آلودگی منابع آب صورت گیرد. این اقدامات باید با شناخت مراحل طبیعی بهره‌برداری در سیستم‌های وسیع آبیاری و ژئوهیدرولوژی و هم‌چنین در سطح مزرعه و با درک اثرات آنها در درازمدت بر روی کیفیت منابع آب و خاک و هم‌چنین محصول انتخاب گردد. با استفاده از بعضی روش‌های اجرایی می‌توان میزان شوری را در منطقه رشد ریشه گیاهان کنترل نمود، در حالی که روش‌های اجرایی دیگری وجود دارد که توسط آنها می‌توان کنترل شوری را در واحدهای بزرگ مدیریتی نظیر پروژه‌های آبیاری، حوضه آبریز رودخانه‌ها و غیره اعمال نمود. با انجام عملیات مضاعف می‌توان سیستم‌های خارج از محدوده اکولوژیکی و زیست‌محیطی شامل منابع آب‌های سطحی و زیرزمینی مرتبط را کنترل نمود. اجرای عملیات در سطح مزرعه که شامل راهکارهای زراعی و مهندسی می‌باشد باید توسط کشاورزان، مزرعه به مزرعه انجام گیرد. عملیات اجرایی منطقه‌ای یا سازمانی فراگیر که معمولاً شامل سازه‌های مهندسی برای کنترل آب (میزان تحویل و دبی) و سیستم‌های جمع‌آوری، استفاده مجدد، تصفیه و یا دفع زه‌آب می‌باشند معمولاً توسط ارگانهایی که ماهیت دولتی دارند به طور مناسبی اجرا می‌گردند.

معمولاً تنها یک راه برای استفاده مجدد آب‌های شور حاصل از زهکشی در آبیاری و حصول نتیجه مطلوب از کنترل شوری در اراضی آبی و آب‌های مرتبط وجود ندارد. بلکه ره‌یافت‌های بسیار متنوع و عملیات اجرایی مختلفی وجود دارند که ترکیب آن‌ها می‌تواند سبب توفیق در سیستم‌های کنترل و استفاده مجدد گردند. ترکیب مناسب این روش‌ها بستگی به شرایط خاص اقتصادی، اقلیمی، اجتماعی و هم‌چنین خاک و ژئوهیدرولوژی دارد. بنابراین هیچ گونه توصیه مشخصی را نمی‌توان در این مرحله تحت شرایط مختلف موجود در کشورها برای کنترل شوری ابراز نمود. اما به هر حال اصول، اهداف و راهبردها

برای مدیریت آبیاری - زهکشی و شوری وجود دارد که قابل ارائه بوده ولی باید دقیقاً تفهیم شده و مدنظر برنامه‌ریزان، سیاستگزاران در جهت تسهیل در تولید و پایداری و تجدیدحیات آبیاری قرار گیرد. مدیریت مناسب برای کنترل شوری خاک، نیاز آبیاری و زهکشی نیاز به درک چگونگی تأثیر نمک بر روی گیاه و خاک و چگونگی اثر فرایند ژئوهیدرولوژی بر ماندابی اراضی و انباشت نمک و هم‌چنین چگونگی تأثیر عملیات کشت و کار و آبیاری بر روی خاک و شوری آب دارد. این اصول، اهداف، راهبردها و عملیات اجرایی به صورت خلاصه در این مقاله مورد بحث قرار گرفته و ارائه می‌گردد. در جایی که اطلاعات بیشتری قابل حصول باشد مراجع مربوطه ذکر خواهد شد. هدف کلی درک کافی سیاستگزاران و مدیران در این زمینه و راهنمایی آنها در جهت توسعه و اجرای راهبردها، فعالیت‌ها و برنامه‌های مناسب‌تری برای کنترل شوری و آبیاری و زهکشی می‌باشد. دراین صورت آنها قادر خواهندبود با مسائل اتفاقی که احتمالاً در آینده به‌صورت فزاینده‌ای خودنمایی خواهند کرد بهتر مقابله نمایند. این موضوع به تفصیل درجایی دیگر موردبحث قرار خواهد گرفت (رودز ۱۹۹۳ و ۱۹۹۷) به علاوه تحقیقات موردنیاز در محل‌هایی که در حال حاضر میزان آگاهی و روش اجرایی ناکافی می‌باشد، مشخص می‌گردد.

تولید مواد غذایی را می‌توان با استفاده از اراضی موجود تحت آبیاری به صورت‌های مختلف افزایش داد، با اصلاح و بهبود اراضی تخریب شده در اثر شوری و ماندابی و با اعمال مدیریت مؤثرتر، افزایش تولید مواد غذایی از طریق گسترش آبیاری با استفاده از آب شور نیز امکان‌پذیر می‌باشد. استفاده مجدد از زه‌آب‌ها برای آبیاری در هر دو حالت راهگشا است. در اینجا مدیریت در جهت افزایش تولید، حفاظت آب و کیفیت آن و محیط زیست با تفصیل بیشتری مورد بحث قرار خواهد گرفت. استفاده از آب‌های شور، ازجمله زه‌آب‌ها، در آبیاری عنصر کلیدی در این نحوه مدیریت می‌باشد، روش‌های تجدید حیات اراضی تخریب شده در جزییات مورد بحث قرار نخواهند گرفت، اما استفاده مجدد از آب‌های شور حاصل از زهکشی در آبیاری در این مدیریت کمک کننده می‌باشد.

۳-۲- مدیریت برای بهبود تولیدات کشاورزی و حفاظت خاک

۳-۲-۱- رشد گیاهان مقاوم

از آنجایی که گیاهان مختلف و حتی واریته‌های مختلف یک گونه گیاهی مقاومت متفاوتی نسبت به میزان شوری از خود نشان می‌دهند لذا باید گیاهی انتخاب شود که تولید آن با شرایط خاص موجود از نظر شوری و آنچه که در فصول رشد در منطقه ریشه اتفاق خواهد افتاد رضایتبخش باشد. در اراضی تخریب شده تناوب زراعی باید به صورتی انجام شود که اصلاح و بهبود خاک را تسهیل نماید. جامع‌ترین فهرست مقادیر مقاومت‌پذیری گیاهان معمولی در برابر شوری که در حال حاضر در دسترس بوده و قابل استفاده می‌باشد توسط (Maas, ۱۹۹۰) خلاصه شده است. با افزایش تراکم گیاهانی که در شرایط شور اندازه کوچکتری به خود می‌گیرند تا حدودی می‌توان اثرات نامناسب موجود را تقلیل داد. افزایش تراکم سبب جذب بیشتر انرژی تابش خورشید گردیده که حاصل آن افزایش تولید نسبت به شرایط عادی است. توجه به دوران جوانه‌زنی و رشد اولیه در گیاهان مقاوم به نمک اهمیت خاصی دارد. این مرحله معمولاً حساس‌ترین مرحله رشد بوده (Shannon, ۱۹۸۲) و امکان برداشت حداکثر محصول بدون رشد مناسب در این مرحله میسر نخواهد بود. وجود نمک در بستر بذر سبب کاهش جوانه‌زنی و درنتیجه افزایش زمان خروج از خاک می‌گردد. از آنجایی که جوانه اولیه به علت ایجاد لایه سخت ناشی از خشک شدن سطح خاک قادر به خروج از خاک نخواهد شد، رشد آن محدود شده به علاوه امکان ابتلا به بیماری به خاطر تأخیر در خروج گیاه از خاک افزایش می‌یابد. در صورتی که امکان ایجاد لایه سخت در سطح خاک وجود دارد میزان بذرپاشی به منظور حصول جوانه‌زنی و رشد اولیه مناسب باید افزایش یابد. برای مقابله با لایه‌های سخت باید از سایر روش‌ها نظیر استفاده از شکل‌های مختلف مالچ‌پاشی و در صورت قلیایی بودن خاک به کار بردن مواد گچی که جنبه اصلاحی برای خاک دارد، بهره گرفت. بعضی از این روش‌ها در بخش بعدی مورد بحث قرار خواهد گرفت. اطلاعات بیشتر در مورد مقاومت گیاهان به نمک در مراحل مختلف رشد مورد نیاز می‌باشد تا بتوان از سیاست در

سری قرار دادن یا استفاده دوره‌ای از آب‌های شور در آبیاری که بعداً توضیح داده خواهد شد بهتر استفاده نمود. تحقیق و بررسی در مورد گیاهان بسیار مقاوم به شوری و توسعه آنها از طریق علم ژنتیک و زیست مهندسی، شناخت گیاهان شور زیست و وفق دادن آنها برای کشت و تولید توده زیستی با استفاده از آب‌ها و خاک‌های شور ضروری می‌باشد (Shannon and Noble, ۱۹۹۰Shannon, et al., ۱۹۹۳; Grattan et al., ۱۹۹۸).

همزمان با کشت و کار می‌باید توجه بیشتری به سیستم تناوب زراعی در جهت پایین بردن سطح آب‌های زیرزمینی، آبشویی و ایجاد خاکدانه به منظور احیای خاک‌های تحت ماندابی و شور همزمان با کشت و کار مبذول شود (Oster et al., ۱۹۹۸). توسعه برنامه‌های کامپیوتری نیز می‌باید به منظور اصلاح نتایج تجزیه و تحلیل شوری عصاره‌های اخذ شده از خاک‌های حاوی ترکیبات گچ و آهن که امکان حل نمک بیشتر ناشی از عصاره‌گیری وجود دارد صورت‌پذیرد. زیرا در این خاک‌ها به علت فرایند عصاره‌گیری اشتباهاً تصور می‌شود که میزان نمک بسیار بالا است و چنین اشتباهاتی سبب برداشت غلط و اخذ تصمیمات نامناسب مدیریتی می‌گردد.

۳-۲-۲-جلوگیری از تجمع نمک و مواد قلیایی مازاد در بستر بذر و خاک سطحی

تجمع نمک مازاد زمانی که از سیستم آبیاری نواری با بستر مرتفع و از پشته‌های بلند در آبیاری شیاری برای کشت استفاده می‌شود، حتی اگر میانگین نمک در خاک و آب آبیاری نسبتاً معتدل باشد، می‌تواند به جوانه‌زنی و رشد اولیه گیاه آسیب وارد نماید. از آنجایی که نمک با آب به حرکت در می‌آید به تدریج در سطح و مرکز پشته‌ها تجمع می‌نماید و چنانچه بذر در یک ردیف در مرکز پشته کاشته شود بیشترین آسیب را خواهد دید. ماهیت نمک به صورتی است که در آبیاری شیاری دائماً آب در مسیر نقطه بلند جریان داشته و تبخیر در آن نقطه متمرکز می‌شود. این مشکل با استفاده از آب شور در آبیاری تشدید می‌گردد (Bernstein & Fireman, ۱۹۵۷). مطالعات اولیه نشان می‌دهد که بستر بذر و کشت شیاری را می‌توان به طریقی طراحی نمود که این مسئله به حداقل برسد. نحوه بذر پاشی و آبیاری سطحی (نمونه‌های مختلف آبیاری شیاری، تغییر عمق آب در شیارها و

غیره) به صورتی که بتوان حداکثر کشت و کار را تحت شرایط شور به دست آورد توسط (Kruse et al, ۱۹۹۰) تشریح شده است. بنابراین مشکل بستر بذر، عمق و محل قرار گرفتن بذر و فرایند آبیاری باید به صورتی مدیریت شود تا نمک مازاد در محلی که ریشه گیاهان نوپا در حال رشد هستند تمرکز ننماید. به منظور جلوگیری از صدمات حاصله از نمک به جوانه‌ها می‌توان نقاط اوج پشته‌ها را برداشته و با مضاعف ساختن ردیف بذرها در شرایطی که میزان نمک نسبتاً پایین باشد بیشتر نمک در مرکز بستر تجمع نموده و شانه‌های بستر عاری از نمک گردد که و برای بذرکاری بسیار مناسب خواهند بود.

بسترهای شیب‌دار خاک مناسب‌ترین مکان برای آبیاری با آب شور می‌باشد زیرا گیاه را می‌توان در پایین‌دست شیب زیر منطقه تمرکز نمک کشت نمود. نمک به جای تمرکز در محدوده گیاه از آن دور می‌گردد. کشت در داخل جوی و حوضچه‌ای از نقطه‌نظر کنترل شوری مناسب می‌باشند اما می‌تواند در بیرون آمدن بسیاری از گیاهان ردیفی جوان به خاطر سخت شدن خاک و عدم امکان جریان یافتن هوا نامناسب باشد. آبیاری مقدماتی قبل از جوانه‌زنی با استفاده از آبیاری بارانی و قطره‌ای و قرار دادن خطوط لوله آن در کنار بستر بذر غلظت نمک را در طول جوانه‌زنی و رویش اولیه پایین نگه می‌دارد. از شیارهای ویژه موقت می‌توان به جای خطوط لوله آبیاری قطره‌ای در طول زمان تثبیت گیاه استفاده نمود. پس از ریشه دوانی و تثبیت گیاه شیارهای ویژه جمع‌آوری شده و شیارهای جدیدی بین ردیف‌ها احداث می‌گردد. به همین طریق در این مرحله بحرانی از آبیاری بارانی به جای آبیاری شیاری می‌توان استفاده نمود. آبیاری بارانی روش مؤثری است برای آبشویی خاک و تخلیه نمک مازاد از سطح خاک و ایجاد محیطی مناسب با شوری ملایم در لایه بالایی خاک که برای گیاهان حساس نسبت به نمک ضرورت دارد (Bornstein & Francois, ۱۹۷۳). به هر حال استفاده از سیستم آبیاری بارانی با آب شور مسایلی (مانند صدمه به برگها) همراه دارد. در آبیاری قطره‌ای معمولاً میزان نمک موجود در خاک درست در زیر و مجاور قطره‌چکانها پایین بوده و در حاشیه پیرامون منطقه خیس شده دارای بالاترین مقدار می‌باشد. حذف نمک جمع شده در این منطقه "پیشانی" در درازمدت باید انجام شود. شیوه‌های مدیریت گیاهان تحت آبیاری قطره‌ای برای کنترل نمک در درازمدت نیاز به تحقیق و بررسی بیشتر دارند.

خاک‌های قلیایی در زمان آبیاری به‌خصوص با آب‌های کم شور یا در هنگام باران دستخوش تغییراتی نظیر پراکندگی و از هم گسستگی ذرات خاک شده و در اثر خشک شدن تبدیل به توده‌ای یکپارچه با سطحی بسیار سخت می‌گردد (Rhoades and Loveday ۱۹۹۰). بعضی مواقع سطح خاک تبدیل به لایه‌ای حجیم و سنگین شده و یا ذرات خاک به یکدیگر چسبیده و تشکیل خاکی را می‌دهند که در عملیات آماده‌سازی بسیار کلوخه‌ای گردیده و چندان مناسب برای بستر بذر نمی‌باشد. به کار بردن مواد شیمیایی اصلاح کننده مانند گچ و سایر تمهیدات مؤثر در اصلاح خاک برای بهبود چنین شرایطی ضروری است، نتیجتاً بستر مناسب‌تری برای رشد اولیه گیاه فراهم می‌گردد و سبب می‌شود ورود آب و ذخیره آن در خاک بهبود یافته، امکان شستشوی نمک محلول فراهم شده، هزینه شخم و شیار کاهش یافته و قابلیت انعطاف بیشتری در بسترسازی ایجاد گردد. فعالیت‌هایی که سبب نگهداشتن سطوح مواد آلی در خاک می‌گردند مانند کود سبز و باقی مانده محصولات سبب حفظ بهتر شرایط کشت می‌گردند. در جایی که شرایط ساختمانی خاک ممکن است به جوانه‌زنی، ظهور و تثبت گیاه آسیب وارد نماید با افزایش دفعات آبیاری سبک برای نرم کردن لایه سخت خاک می‌توان از این عمل جلوگیری نمود. اکثر آب‌های شور حاصله از زهکشی دارای میزان بالای سدیم می‌باشند و استفاده از آنها سبب افزایش میزان قلیائیت خاک به‌خصوص خاک سطحی می‌گردد (Ayars et al., ۱۹۹۳, oster ۱۹۹۴). قلیائیت خاک یکی از عوامل محدودکننده استفاده مجدد از آب شور حاصل از زه‌آب برای آبیاری می‌باشد، گرچه در روش‌های پیشنهادی به صورت آبیاری سری یا دوره‌ای تأثیر آن به حداقل می‌رسد. در مورد تعیین کمیت مواد اصلاح‌کننده یا نیازهای مدیریتی برای استفاده پایدار از آب شور یا قلیایی حاصل از زه‌آب برای آبیاری در شرایط مختلف خاک نیاز به تحقیق و بررسی بیشتر می‌باشد.

اراضی لم یزرع و فقیر در مزارع حاصل‌خیز غالباً به صورت قطعاتی مرتفع یا پست هستند که میزان آب دریافتی آنها کم یا زیاد می‌باشد. در مناطقی که روش آبیاری به صورت سیلابی یا شیاری باشد به تسطیح دقیق نیاز داشته و برای این منظور معمولاً از ماشین‌آلات خاص برای جایجایی خاک که مجهز به سیستم کنترل لیزری هستند استفاده

می‌شود، نتیجتاً آبیاری به صورت یکنواخت و امکان کنترل بهتر شوری فراهم می‌گردد. در جایی‌که کشت گیاهان چند ساله مورد نظر است پس از یک یا دو سال که اراضی زیر پوشش گیاهان یکساله قرار داشته در محلهای خاکریزی و نشست نهایی انجام یافته با تسطیح مجدد کشت گیاهان دائمی انجام می‌گیرد.

۳-۲-۳- تحویل آب به مزرعه به مقدار صحیح و در زمان لازم

کنترل شوری در اراضی آبی معمولاً نیاز به مدیریت آبیاری مطلوب دارد. ضرورتهای اولیه مدیریت برای کنترل شوری عبارتند از: عوامل متعددی نظیر برنامه منظم آبیاری، آبشویی کافی، زهکشی مناسب و کنترل سطح آب زیرزمینی که اثرات متقابل آنها در تأمین این گونه نیازها دخالت دارد. عوامل مذکور سیستم تحویل آب، روش و شیوه آبیاری را نیز در بر می‌گیرد. کلید آبیاری مؤثر و موفق (بخصوص به لحاظ کنترل شوری) عبارت از تأمین یکنواخت آب به مقدار مناسب در زمان مشخص بدون کاربرد اضافی برای گیاه است. بنابراین، کنترل دقیق زمان آبیاری و یکنواختی و میزان کاربرد آب از جمله پیش‌نیازهای راندمان بالای مصرف آب و تولید محصول بوده، به خصوص زمانی که از آب شور برای آبیاری استفاده می‌شود. این حالت را تحویل بهینه آب به مزرعه بر اساس نیاز می‌نامند که به نوبه خود به هماهنگی دقیق بین آبیار و سازمان مسئول توزیع آب نیاز دارد. در این ارتباط هم‌چنین اندازه‌گیری جریان آب (دبی و حجم)، تأمین ابزار باز خورد که مقدار آب و نمک موجود در خاک را اندازه‌گیری می‌نماید، راه‌های پیش‌بینی یا اندازه‌گیری میزان آب مورد استفاده توسط گیاه، طرق حفاظت یا پیش‌بینی نقطه تنش آبی گیاه، کنترل دقیق حجم آب تحویلی به هر مزرعه و توزیع یکنواخت منطقه‌ای آب، مورد نیاز می‌باشد.

برای کنترل مؤثر یک سیستم تأمین آب، حجم آب عبوری از نقاط بحرانی، شامل خروجی از هر مزرعه باید اندازه‌گیری شوند. بدین منظور نیاز به نصب تجهیزات اندازه‌گیری و کنترل مؤثر جریان می‌باشد. زیرا در غیر این‌صورت شناخت تلفات نشت مشکل بوده و احتمال آبیاری بیش از حد وجود خواهد داشت. به علاوه بسیاری از سیستم‌های تحویل آب اگر خود علت آبیاری بیش از حد نباشند، ولی این عمل را تشدید

می‌کنند، زیرا در این سیستم‌ها بدون توجه به تغییرات فصلی نیاز آبی مزرعه، آب به مقدار قطعی و در یک دوره مشخص برای هر مزرعه تأمین شده است. در چنین سیستم‌هایی غالباً از استفاده از بعضی روش‌های آبیاری مانند آبیاری بارانی و قطره‌ای که از راندمان بالاتری برخوردار هستند نیز احتراز می‌شود. در برنامه بهینه آبیاری قطره‌ای آب تقریباً به طور مستمر اما بسیار آهسته تنها به منظور وجود آب در منطقه توسعه ریشه با محدودیت‌های خاصی فراهم می‌گردد، گرچه دوره‌های تنش آبی برنامه‌ریزی شده به منظور کسب حداکثر تولید اقتصادی بعضی از محصولات ممکن است مورد پسند باشد. در عملیات زراعی ممکن است نیاز به دوره‌های خشک باشد. بنابراین در چنین سیستم‌هایی تحویل آب می‌باید براساس نیاز انجام گیرد که لازمه آن تجهیزات مناسب تحویل آب می‌باشد.

تلفات بیش از حد آب آبیاری از طریق کانال‌هایی که در خاک‌های نفوذپذیر ساخته می‌شود به طور قابل ملاحظه‌ای در افزایش سطح آب زیرزمینی دخالت داشته و سبب شور شدن خاک‌ها در بسیاری از پروژه‌های آبیاری شده است. این گونه تلفات نشت باید از طریق پوشش کانال‌ها توسط مواد غیرقابل نفوذ و یا کوبیدن خاک در محدوده محیط خیس شده به منظور کم کردن نفوذپذیری انجام گیرد.

در این ارتباط نگهداری مناسب از سیستم زهکشی نیز اهمیت دارد و خطوط شخم یا آبراهه‌های مزرعه و پروژه باید تمیز گشته و شیب آنها حفظ گردد. آبیاری مازاد سبب بالا آمدن سطح آب زیرزمینی و ایجاد مسایل شوری می‌گردد. هم‌چنین سیستم زهکش باید قادر باشد مقدار آب اضافی را تخلیه نماید. بنابراین ارتباط مناسب بین مدیریت آبیاری و زهکشی باید وجود داشته باشد تا از ماندابی و شور شدن اراضی کشاورزی جلوگیری گردد. مقدار آب مصرفی باید برای تأمین نیاز آبی گیاهان و آبشویی خاک کافی بوده اما نباید مازاد بر ظرفیت سیستم زهکشی باشد. درک این مسئله که آبیاری غیر مؤثر علت اصلی شوری و بالا آمدن سطح آب‌های زیرزمینی در اکثر پروژه‌های آبیاری در دنیا بوده و اینکه نیاز به سیستم‌های زهکشی با بهبود در مدیریت آبیاری و استفاده مجدد زه‌آب در آبیاری معمولاً کاهش می‌یابد بسیار مهم است. قبل از افزایش ظرفیت زهکش، ابتدا باید روش‌های بهبود راندمان آبیاری و افزایش استفاده مجدد از زه‌آب تعیین گردد.

منابع اولیه جریان برگشتی از یک پروژه آبیاری شامل عبور آب از کانال‌های کناره‌گذر،

نشت کانال، نفوذ عمقی و رواناب سطحی می‌باشد. وجود کانال‌های کناره‌گذر غالباً جهت نگهداری بار هیدرولیکی و جریان کافی از طریق یک سیستم کانال ثقلی کنترل کننده می‌باشد. معمولاً آب این کانال‌ها مستقیماً به رودخانه تخلیه شده و ممکن است پاره‌ای آلودگی‌ها را چنانچه در مسیر وجود داشته باشد با خود حمل کنند. تلفات تبخیر از کانال‌ها معمولاً درصد بسیار کمی از آب از دست رفته را شامل می‌شود. اما نشت آب از کانال‌های فاقد پوشش غالباً مقدار قابل ملاحظه‌ای بوده و در افزایش سطح آب‌های زیرزمینی و شوری آن و افزایش فراتوفیتها (Phreatophyte) و شوری زه‌آب اراضی تحت آبیاری سهیم می‌باشد. چنانچه آب از میان طبقات نمک عبور نماید یا سبب جابجایی آب زیرزمینی شور گردد، مقدار نمک برداشتی از این منبع بسیار قابل ملاحظه خواهد بود. پوشش کانال‌ها سبب کاهش ماندابی اراضی و تجمع نمک می‌گردد. سیستم‌های انتقال با مجرای سربسته (لوله‌ها) می‌تواند تلفات نشت و تبخیر آب را به حداقل رسانده و مقدار آب مصرفی فراتوفیتها را محدود سازد. این سیستم لوله‌ها هم‌چنین قابلیت افزایش راندمان آبیاری و کاهش تجمع نمک را فراهم می‌آورند (Van Schilfgaarde & ۱۹۸۰ Rawlins,). بنابراین کانال‌ها باید به خوبی پوشش داده شوند و در هر محلی که امکان داشته باشد از مجرای سربسته برای تحویل آب و هم چنین سیستم زهکشی به منظور تسهیل در کنترل شوری و حفاظت آب استفاده نمود.

۳-۲-۴- آبیاری مؤثر مزارع با حداقل آبشویی و زه آب

همان‌طور که قبلاً اشاره شد تجمع نمک‌های قابل حل در خاک‌ها متناسب با مقدار و میزان نمک آب آبیاری و تبخیر آب موجود در خاک، افزایش می‌یابد. به علاوه، تبخیر و تعرق (ET) می‌تواند سبب حرکت آب سفره‌های زیرزمینی کم‌عمق (و هم‌چنین نمک) به سمت بالا شده و وارد منطقه توسعه ریشه گردد، که در نتیجه شوری خاک افزایش می‌یابد. به علت فرایند اخیر، اکثر خاک‌هایی که دارای سفره آب زیرزمینی کم‌عمق هستند شور می‌باشند. در هر حالت، نمک‌های محلول به تدریج در خاک‌های تحت آبیاری تجمع نموده به حدی که به میزان تولید آسیب می‌رساند مگر اینکه قدم‌های لازم جهت جلوگیری

از این حالت برداشته شود.

به منظور جلوگیری از تجمع مفرط نمک در منطقه توسعه ریشه در اثر آبیاری باید در یک دوره طولانی میزان حداقل آب مازاد بر آبیاری (یا بارندگی) اضافه بر مقدار مورد نیاز تبخیر و تعرق از منطقه توسعه ریشه عبور نماید.

این مقدار که به صورت کسر بیان می‌گردد تحت عنوان "نیاز آبشویی" تعریف می‌شود (L کسر آب نفوذ یافته‌ای است که از منطقه توسعه ریشه عبور نموده و سبب می‌شود که میزان نمک در منطقه مذکور در سطح قابل قبولی باشد. "گفته آزمایشگاه شوری خاک، امریکا، ۱۹۵۴").

در مزارع تحت آبیاری با مدیریت آبیاری متداول که به شرایط پایداری رسیده باشند، غلظت نمک در آب خاک‌و در لایه سطحی خاک، فارغ از میزان کسر آبشویی، یکنواخت می‌باشد اما این غلظت، با افزایش عمق در صورت کاهش L افزایش می‌یابد. هم‌چنین، میانگین شوری منطقه توسعه ریشه در اثر کاهش L افزایش می‌یابد. تولید محصول زمانی که مقدار شوری بالاتر از سطوح مقاومت گیاه باشد کاهش می‌یابد. روش‌های محاسبه نیاز آبشویی و پیش‌بینی تلفات تولید محصول به خاطر اثرات نمک تحت شرایط پایدار و یکنواخت مزرعه در جایی دیگر مورد بررسی قرار خواهد گرفت (Rhoades, ۱۹۷۴; Hoffman, et al., ۱۹۹۰; Rhoades, et al., ۱۹۹۲). اگر محلول خاک دارای حداکثر میزان نمک سازگار با سیستم کشت باشد حداقل مقدار نمکی که در اثر آبیاری اضافی آورده می‌شود باید از منطقه توسعه ریشه خارج گردد. این فرایند "بیلان نگهداشت نمک" نامیده می‌شود. اینکه تا چه اندازه بتوان آبشویی و زه‌آب را به حداقل رساند بستگی به مقاومت گیاه نسبت به نمک، توزیع یکنواخت آب در سیستم آبیاری و تغییرات نفوذپذیری سطحی خاک دارد. در اکثر پروژه‌های آبیاری، کسرهای آبشویی که هم اکنون استفاده می‌شود (و در نتیجه حجم زهکشی) را می‌توان بدون آسیب‌دیدگی محصول و خاک با بهبود در مدیریت به طور قابل ملاحظه‌ای کاهش داد (Van Schifgaarde et al., ۱۹۷۴). به حداقل رساندن کسرهای آبشویی ضروری است زیرا به دلایلی که قبلاً ذکر شد، بالا بودن میزان نمک در آب علت اصلی شور شدن آب و خاک است.

به منظور جلوگیری از ماندابی خاک و شوری مضاعف، آب باران و آبیاری نفوذ کرده در خاک که مازاد بر نیاز گیاه می‌باشد و سایر آب‌های مازاد (اعم از سطحی یا زیرسطحی) که در خاک‌های تحت آبیاری جریان دارد باید توسط زهکشی تخلیه گردد. زهکشی مصنوعی خروج املاحی که در منطقه توسعه ریشه تجمع نمود را فراهم می‌کند و از افزایش نمک خاک جلوگیری می‌نماید. باید سعی شود سطح آب زیرزمینی به منظور جلوگیری از حرکت آب شور زیرزمینی به منطقه توسعه ریشه در اثر نیروی شعریه در عمق قابل قبولی قرار گیرد تا امکان رشد گیاه فراهم شده و فرصت کافی برای جابجایی ماشین‌آلات و بهره‌برداری در مزرعه بدون کوبیدگی مفرط خاک ایجاد گردد. سیستم‌های مصنوعی زهکشی در صورت عدم وجود زهکش طبیعی باید احداث گردد. لازم است از حرکت سفره‌های آب زیرزمینی شور به سمت بالا و ورود آن به منطقه توسعه ریشه، که بستگی به مدیریت آبیاری (به عنوان یک عامل ارزشی) دارد، جلوگیری به عمل آید (Van schifgaarde, ۱۹۷۶). روش‌های محاسبه نیازهای زهکشی در جایی دیگر ذکر خواهد شد (Rhoades, ۱۹۷۴; Kruse et al., ۱۹۹۰; Hoffman et al., ۱۹۹۰).

میانگین زمانی تجمع نمک در منطقه توسعه ریشه‌ها به میزان آب تخلیه شده از خاک در فواصل بین آبیاری‌ها و کسر آبشویی بستگی دارد. با افزایش فاصله زمانی بین آبیاری‌ها ضمن خشک شدن خاک آب موجود در آن کاهش می‌یابد و ماتریس و پتانسیلهای اسمزی آب موجود در خاک با افزایش غلظت نمک در حجم تقلیل یافته آب کاهش می‌یابد. جذب آب و تولید محصول ارتباط تنگاتنگی با کل میانگین زمان و عمق پتانسیل آب موجود در خاک، ماتریس به اضافه نیروی اسمزی دارد. بعد از آبیاری ریشه گیاه ترجیحاً آب موجود در عمق‌های مختلف منطقه توسعه ریشه با پتانسیل بالای آب را جذب می‌کند. با افزایش، تخلیه آب موجود در خاک که در ابتدا توزیع شوری در آن غیریکنواخت بوده است بتدریج کل پتانسیل آب جذب شده توسط گیاه در عمق‌های مختلف منطقه توسعه ریشه تقریباً یکنواخت می‌گردد. معمولاً این بدان معنی است که بیشتر آب جذب شده در ابتدا از لایه‌های بالایی که نمک آن از لایه پایینی کمتر است صورت می‌گیرد تا زمانی که آب تخلیه شده سبب افزایش کل تنش آبی این لایه در سطحی مساوی با عمق‌های پایین‌تر شود. بعد از آن آب به تناسب بیشتر از لایه‌های عمیق‌تر با نمک بیشتر در عمق‌های مختلف تخلیه

می‌شود در نتیجه اثر شوری به تنهایی بر روی رشد گیاه چشم‌گیرتر می‌شود. این مسئله ایجاب می‌کند که : ۱) - روش آبیاری به صورتی باشد که تنش ماتریس در حداقل قرار گیرد، مانند آبیاری قطره‌ای، تا صدمات حاصله از آبیاری با آب شور به حداقل برسد و ۲) - کسرهای آبشویی باید افزایش یابد تا تجمع نمک مازاد در طبقات پایینی منطقه توسعه ریشه محدود گردد (Rhoades and Merrell ۱۹۷۶).

توزیع و میزان شور شدن پروفیل خاک نیز تابع نحوه آبیاری و کسر آبشویی می‌باشد. اصولاً نمک بیشتری در واحد سطح از طریق آبشویی توسط آبیاری بارانی نسبت به آبیاری غرقابی تخلیه می‌شود. بنابراین در شرایط مساوی و مقدار محصول قابل مقایسه، میزان نمک در آب آبیاری بارانی می‌تواند بالاتر از آبیاری غرقابی یا شیاری باشد مشروط بر این که از سوختگی گیاه جلوگیری گردد. راندمان بالای تخلیه نمک در سیستم آبیاری بارانی را می‌توان به صورت زیر تشریح نمود. انتقال مواد حل شده تحت فرایند جابجایی (حرکت مواد حل شده در قالب کل محلول) و انتشار (حرکت مستقل مواد حل شده در اثر شیب غلظت) انجام می‌شود؛ جابجایی معمولاً فرایند غالب خاک در آبیاری غرقابی می‌باشد. سرعت جریان آب در ماتریس خاک، معمولاً متغیر است زیرا ابعاد منافذ توزیع اصولاً غیر یکنواخت می‌باشند. این پدیده را انتشار گویند. مسئله انتشار زمانی که سرعت جریان بالا بوده و ابعاد منافذ توزیع بزرگ باشد قابل ملاحظه است. پدیده انتشار در این شرایط جابجایی نمک را محدود می‌سازد. خاک‌ها با ترک‌های بزرگ و ساختمان کاملاً پیشرفته مخصوصاً در مورد جابجایی آب و مواد حل شده متفاوت عمل می‌کنند زیرا مسیر جریان آب ترجیحاً منافذ بزرگ مانند گذرگاه‌های کرم‌ها، حفره‌های ایجاد شده توسط ریشه گیاهان قدیمی و غیره می‌باشند. بیشترین مقدار جریان آب در خاک‌های غرقاب شده از طریق این منافذ اتفاق می‌افتد. بخش عمده آب و نمک در منافذ کوچک و درون خاکدانه در آبیاری غرقابی در مسیر جریان قرار نمی‌گیرند. سرعت جریان آب موجود در خاک‌هایی که از سیستم آبیاری بارانی استفاده می‌کنند نوعاً پایین‌تر بوده لذا مسیر فرعی کمتر ایجاد شده و راندمان آبشویی در آبیاری بارانی بیشتر خواهد بود. سایر فرایندهای خاک در رابطه با جریان آبیاری شیاری در غلظت نمک و جابجایی آن در زمان آبیاری و آبشویی خاک‌های ترک‌دار اثر می‌گذارد (Shause et al., ۱۹۹۷ ; Rhoades et al, ۱۹۹۷;) در اکثر

خاک‌های اراضی خشک، ذرات رس غالباً بار منفی داشته که می‌توانند انتقال کاتیون‌ها را در طول فرایندهای جذب سطحی و یا مبادله آنها کند نمایند. همزمان آنیون‌ها به طور گسترده‌ای از محلول مجاور سطح رس با بار منفی جدا شده و این عمل، جابجایی نسبی آنها را تسریع می‌نماید. آنیون بورات داخل واکنش جذب گردیده و حرکت آن کند می‌گردد. برای تشریح جامع‌تر از اثرات جابجایی و انتشار و هم‌چنین سایر اثرات خاک بر روی انتقال مواد حل شده به مطالعات واگنت و جری (۱۹۸۴) مراجعه شود.

آبیاری گیاهان حساس نباید توسط سیستم آبیاری بارانی با استفاده از آب شور انجام شود، زیرا برگها در حالت مرطوب نمک را جذب می‌نمایند. تجمع نمک در برگهای چنین گیاهانی ادامه یافته تا به مرحله‌ای می‌رسد که گیاه خشک می‌گردد. حساسیت گیاهان به نمک آبیاری بارانی بیشتر بستگی به میزان تجمع نمک در شاخ و برگ داشته تا به مقاومت گیاه در برابر شوری خاک (Maas ۱۹۹۰). به این دلیل آبیاری می‌باید در شب به صورتی انجام شود که برگ‌ها به طور مستمر مرطوب و شسته شوند تا میزان جذب نمک توسط شاخ و برگ گیاهان در هنگام آبیاری با آب شور و استفاده از سیستم بارانی به حداقل ممکن برسد.

۳-۲-۵- پایش شوری خاک به منظور ارزیابی کفایت آبیاری و زهکشی

به طور مرسوم، مفهوم آبشویی (LR) و شاخص بیلان نمک (SBI) به منظور قضاوت در کفایت ومناسبت سیستم‌های آبیاری و زهکشی، راهبری و عملیات کنترل شوری، راندمان و پایداری آبیاری مورد استفاده قرار می‌گیرند (U.S. Salinity Laboratory State). ولی راهکار آخری برای این‌گونه ضرورت‌ها کافی نمی‌باشد.دلایل بسیاری‌برای این‌گونه نتیجه‌گیری وجوددارد که ذیلاً بر آنها اشاره می‌شود.

آب مورد نیاز آبشویی عبارت از مقدار آب لازم به منظور جلوگیری از تلفات مفرط تولید ناشی از تجمع نمک در منطقه توسعه ریشه است. این مفهوم تحت مفروضاتی نظیر حالت پایدار، شرایط یکنواختی کامل آبیاری، نفوذ و تبخیر و تعرق صادق بوده که البته امکان دستیابی به آنها در اکثر شرایط مزرعه وجود ندارد زیرا این عوامل به لحاظ مکانی و

زمانی نوعاً پویا و متغیر می‌باشند. تجمع نمک در منطقه توسعه ریشه ناشی از حرکت آب‌های زیرزمینی کم‌عمق در این تعریف و در روش متداول تعیین شاخص بیلان نمک به حساب آورده نمی‌شود. به علاوه هیچ روش عملی برای اندازه‌گیری مستقیم میزان آبشویی در مزرعه و به طریق اولی، در بخش‌های مختلف مزرعه از نظر یکنواختی، کفایت و مناسبت وجود ندارد. ولی امکان اندازه‌گیری شوری خاک و توزیع آن در سطح مزرعه و در منطقه توسعه ریشه وجود دارد از این اطلاعات می‌توان پی برد که آیا نمک در محدوده قابل قبول برای رشد گیاه بوده یا نه و از آن‌رو دریافت که آیا میزان آبشویی کافی و یکنواخت در اقصاء نقاط مزرعه صورت گرفته یا خیر و هم‌چنین کفایت زهکشی را ارزیابی نمود زیرا شوری نشانی از کل فرایند نفوذ، آبشویی، تبخیر، تعریق و زهکشی است (Rhoades et al., ۱۹۹۷). در حقیقت غلظت و توزیع نمک در منطقه توسعه ریشه انعکاس مستقیمی است از میزان دخالت این گونه فرایندها و معیار قابل قبولی از نظر کفایت و مناسبت آبیاری و زهکشی است. مقدار و توزیع نمک در مزرعه و نیمرخ خاک اطلاعات مستقیمی از یکنواختی و جهت حرکت آب را فراهم می‌نماید و دلیل کفایت سیستم آبیاری و زهکشی در مزرعه می‌باشد (Rhoades, ۱۹۷۶, ۱۹۸۰, ۱۹۹۲a). همان‌گونه که قبلاً توضیح داده شد شاخص بیلان نمک که به اختلاف بین نمک اضافه شده در اثر آب آبیاری و تخلیه آن از طریق پساب زهکشی در یک منطقه تحت آبیاری اشاره می‌نماید به طور سنتی برای ارزیابی کفایت و فعالیت آبشویی، عملیات آبیاری و زهکشی در مقیاس محدوده پروژه مورد استفاده قرار می‌گیرد. این راه‌کار برای اینگونه منظورها کافی نیست زیرا هیچ‌گونه اطلاعاتی در مورد سطح مطلق شوری در منطقه توسعه ریشه گیاهان یا مزرعه خاصی در پروژه فراهم نمی‌نماید و هیچ‌گونه معیار واقعی که بتوان با استفاده از آن قضاوت نمود که آیا پروژه در جهت افزایش و یا کاهش نمک در منطقه توسعه ریشه پیش می‌رود نیز به دست نمی‌دهد. زیرا شوری بخش زیرین نیمرخ خاک و منشاء زمین‌ساختی آن در زه‌آب جمع‌آوری شده از لایه زیرسطحی نیز نقش دارد (Rhoades, ۱۹۷۴, Kaddah & Rhoades, ۱۹۹۶).

به علاوه، زمان انتقال جریانهای زه‌آب حاصل از یک عمل آبیاری آن قدر طولانی است (معمولاً بیش از ۲۵ سال) که مقادیر شاخص نشانگر وضعیت فعلی نمی‌تواند باشد

(Jury, ۱۹۷۵a, ۱۹۷۵b). براساس همین دلایل، معتقد هستم که کنترل مستقیم شوری خاک معیار بسیار پرمعنی‌تری از وضعیت شوری نسبت به روش‌های غیرمستقیم مرسوم می‌باشد (شاخص بیلان نمک و غیره).

براساس مطالب ذکر شده نتیجه گرفته می‌شود که کارایی و مدیریت سیستم‌های آبیاری و زهکشی و کنترل سطح آب زیرزمینی و شوری با استفاده از مفاهیم نیاز آبشویی (LR) و شاخص بیلان نمک (SBI) قابل حصول نیست. اما جمع‌آوری دوره‌ای اطلاعات مربوط به سطوح شوری خاک و توزیع آن در منطقه توسعه ریشه و مزارع تحت پوشش پروژه عملاً قابل دستیابی بوده و برای ثبت شرایط شوری خاک به منظور ارزیابی کفایت آبشویی و زهکشی و راهنمایی فعالیت‌های مدیریتی سودمند می‌باشد. چنین اطلاعاتی می‌تواند مناطقی که منبع بار نمک در اراضی تحت آبیاری هستند و نقشه توزیع و گسترش اراضی آسیب‌دیده از زه‌آب را مشخص نماید (Rhoades ۱۹۹۰). بنابراین پیشنهاد می‌شود که کنترل مستقیم سطح نمک در منطقه توسعه ریشه و توزیع آن در سطح مزرعه به طور دوره‌ای به منظور ارزیابی اثربخشی نمک، برنامه‌های مدیریت آبیاری و زهکشی، به‌خصوص آنچه که در استفاده مجدد از زه‌آب دخالت دارند انجام گیرد (Rhoades ۱۹۷۸, ۱۹۷۹, Rhoades, et., ۱۹۹۷).

در حقیقت به عقیده اینجانب، مدیریت مناسب خاک و آب شور نیاز به موارد زیر دارد:
۱)- اطلاعات کافی در مورد گستردگی، مقدار و توزیع نمک خاک در منطقه توسعه ریشه در مزارع تحت پوشش پروژه‌های آبیاری (تهیه فهرست مناسبی از شرایط منطقه)؛ ۲)- توانایی ردیابی تغییرات در وضعیت شوری خاک با گذشت زمان و تعیین اثرات تغییر مدیریت در شرایط موجود "برنامه پایش مناسب" ۳)- توانایی شناخت مسایل شوری و علل اساسی و ذاتی طبیعی و مدیریتی آن‌ها "راه‌کارهای مناسب ردیابی و تشخیص مسایل و شناخت علل آنها"؛ ۴) - ابزاری برای ارزیابی کفایت و اثربخشی سیستم‌های موجود آبیاری و زهکشی، راهبری و کاربری این سیستم‌ها باتوجه به کنترل شوری خاک، حفاظت منابع آب و حفظ کیفیت آب از شور شدن "ابزار مناسب برای ارزیابی عملکرد مدیریت"، ۵)- توانایی تعیین مناطقی در مزارع و تمامی محدوده پروژه آبیاری که دارای نفوذپذیری عمقی زیاد هستند بعبارت دیگر تعیین نقاطی که نقش زیادی در افزایش آب و بار نمک به

آب زیرزمینی دارند (ابزار مناسب برای تعیین مناطق آلوده‌کننده). فنون و روش‌های اندازه‌گیری ارزیابی کفایت فعالیت مورد اشاره در اینجا "ارزیابی شوری" نامیده می‌شود (Rhoades, et al.۱۹۹۷). این باور را دارم، کشورهایی که در دنیا با مشکل شوری مواجه هستند باید برنامه‌های ارزیابی اجرایی که اطلاعات فوق را به طریقی مؤثر در زمانی مطلوب فراهم می‌کند به کار گیرند. آقای اسمدما (۱۹۹۵) نیز نتیجه گرفته است که در اکثر کشورهای در حال توسعه خط مشی تنظیم و تهیه پروژه با کمبودهای شدیدی به علت عدم وجود اطلاعات معتبر در مورد ماهیت و گسترش مناطق تحت تأثیر نمک روبرو می‌باشند. شوری وضیعتی است بسیار متغیر و با استفاده از روش‌های مشاهده‌ای کنونی پایش و به نقشه در آوردن آن بسیار مشکل می‌باشد. پیشرفت و توسعه روش‌های مناسب کنترل از دور کمک قابل ملاحظه‌ای به کشورهایی که با ماندابی و شور شدن اراضی تحت آبیاری مقابله می‌کنند می‌نماید.

دستیابی به فن ارزیابی مانند آنچه که در فوق اشاره شد با روش عملی اندازه‌گیری شوری خاک در مزرعه شروع می‌شود. به علت طبیعت متغیر کم و کیف شوری که ناشی از عمل متقابل عوامل مختلف (نفوذپذیری خاک، عمق سطح ایستابی، شوری سفره آب معلق، توپوگرافی، مواد مادری خاک، ژئوهیدرولوژی)، فرایندهای اساسی مدیریت (آبیاری، زهکشی، شخم و شیار، عملیات زراعی)، و هم‌چنین عوامل وابسته به اقلیم (باران، مقدار و توزیع آن، دما، رطوبت نسبی، باد) است این روش دارای پیچیدگی‌های خاصی می‌باشد. اگر به اندازه‌گیری‌های تکراری و نمونه‌برداری وسیع نیاز باشد، صرف زمان و اقدامات لازم به قدری است که مشخص کردن و به نقشه درآوردن وضعیت شوری مزرعه یا پروژه از طریق نمونه‌برداری متداول و تجزیه و تحلیل آزمایشگاهی غیر عملی می‌گردد. لذا به روش اندازه‌گیری سریع در مزرعه نیاز می‌باشد. این فن ارزیابی باید بتواند اندازه‌گیری‌های فراوان و گسترده‌ای را که در موقعیت‌های مکانی مختلف قرار دارند انجام دهد. هم‌چنین باید یک روش سیستماتیک برای ارزیابی اثرات مدیریت ایجاد نموده و قادر باشد تغییرات و تفاوت‌هایی که در یک منطقه نسبت به وضعیت شوری چه از نظر زمان یا مکان حادث می‌شود را ردیابی نماید.

در طی چندین سال، من به کمک همکاران چنین فن‌آوری را ابداع نموده‌ایم و در حال

حاضر به طورکلی کامل شده است. این فن‌آوری از یک سیستم جامع شامل ابزار فنی متحرک و سریع برای اندازه‌گیری هدایت الکتریکی توده خاک (ECa) مزرعه به صورت مستقیم و متأثر از موقعیت مکانی زمین، روش و نرم‌افزار برای استنتاج شوری از هدایت الکتریکی، فنون تهیه نقشه به کمک کامپیوتر با توان تجمع و تجزیه و تحلیل پایگاههای اطلاعاتی مکانی وسیع، و آمار مکانی مناسب برای استنتاج توزیع شوری در منطقه توسعه ریشه و تغییرات زمانی و مکانی شوری برخوردار است. تشریح این سیستم ارزیابی، تئوری آن، نرم‌افزار و نحوه محاسبه عددی و مثال‌هایی در زمینه استفاده از آن در مراجع زیر ذکر شده است:

(Rhoades, ۱۹۹۰c, ۱۹۹۴; Rhoades, et al. ۱۹۸۹a, ۱۹۸۹b, ۱۹۹۰d, ۱۹۹۳, ۱۹۹۲, ۱۹۹۵a, ۱۹۹۵b, ۱۹۹۷, ۱۹۹۶, ۱۹۹۷; ۱۹۹۲b, ۱۹۹۳b, Lesch et al.,)

این تجهیزات در حال حاضر با اعمال تغییرات مناسب به صورت تجاری در دسترس می‌باشد. کتاب راهنما برای استفاده از این فن‌آوری (لوازم، روش‌ها، نرم‌افزار، کاربری‌ها و غیره) بزودی از طریق فائو قابل دسترس خواهد بود (Rhoades ۱۹۹۹b).

۳-۲-۶- استفاده از راهبرد "در سری قرار دادن" یا "دوره‌ای" در آبیاری با آب شور

در این راهبرد که توسط رودز (Rhoades ۱۹۸۴) تدوین شده، گیاهان حساس (مانند یونجه، لوبیا، کاهو و غیره) در تناوب زراعی با آب کم‌شور (غالباً آب‌های تأمین شده در پروژه‌های آبیاری) و گیاهان مقاوم در برابر شوری (مانند پنبه، چغندر قند و غیره) با آب شور (مانند آب حاصل از زهکش در پروژه) آبیاری میشوند. تغییر روش آبیاری گیاهان مقاوم در برابر شوری از شیرین به شور معمولاً پس از جوانه‌زنی و تثبیت رشد صورت می‌گیرد در این موارد آبیاری قبل از کاشت و آبیاری در مراحل اولیه توسط آب کم شور انجام می‌گیرد. زه‌آب ثانویه حاصل از مصرف مجدد، جمع‌آوری و جدا نگهداری شده و پشت سرهم (به طور سری) به تدریج برای گیاهانی که مقاومت آنها به شوری بیشتر شده (در نهایت گیاهان شور زیست) به کار برده می‌شود. زه‌آب نهایی حاصل از زهکش با شوری فوق‌العاده غیرقابل استفاده بوده و همان‌طور که در بخش بعدی مورد بحث قرار

گرفته دفع و یا مورد تصفیه قرار می‌گیرد.

امکان‌یابی و استفاده از روش سری یا دوره‌ای با مدلهای توصیفی و مطالعات تجربی تأیید شده است. کلیه این مسایل به تفصیل در جایی دیگر از جمله (Rhoades ۱۹۹۲) تشریح شده است و در اینجا مجدداً تکرار نمی‌شود. کافی است گفته شود که محصولات بهتر و پایدارتر را می‌توان از این روش و با استفاده صرف از آب شور برای آبیاری یا بعد از مخلوط کردن آن با آب لب شور به دست آورد. بعضی از قیاس‌ها در مورد این گونه خط‌مشی‌ها در بخش بعدی مورد بحث قرار گرفته است.

۳-۳- مدیریت کیفیت آب و حفاظت محیط زیست

همان‌طور که قبلاً توضیح داده شد، زه‌آب حاصله از آبیاری عامل اصلی شوری اکثر آب‌های سطحی و زیرزمینی می‌باشد. تشکل‌های روستایی به این آب احتیاج داشته و مسئول حفظ کیفیت آن می‌باشند. هم‌چنین باید کماکان کشت آبی نگهداری و پابرجا باشد. کشت آبی را نمی‌توان بدون آبشویی کافی و زهکشی در برابر افزایش نمک خاک حفظ نمود. ولی این فرایندها همانهایی هستند که خود سبب افزایش نمک در آب‌های سطحی و زیرزمینی می‌شوند. اما نمک آب‌های سطحی و زیرزمینی را می‌توان کاهش داد، اگر دخالت بار نمک از طریق فرایند آبیاری محدود و یا متوقف گردد. حفاظت منابع آب در مقابل افزایش نمک و همزمان حفظ پایداری تولیدات کشاورزی از طریق آبیاری، نیاز به استفاده از سیاست‌های جامع آب و خاک دارد، در این سیاست‌گذاری‌ها باید به فرایندهای طبیعی خاک - گیاه - آب و سیستم‌های وابسته ژئوهیدرولوژی آن توجه نمود. در این ارتباط تدوین خط مشی‌های مناسب و اجرای مؤثر آن در اراضی آبی در سطح جهان جهت حفاظت منابع آب الزامی است.

راهبردهای مختلف در مورد کاهش نمک آب دریافتی از مزارع متأثر از آبیاری و زهکشی شامل: ۱) - حذف آبیاری اراضی آلوده خاص، ۲) - جمع‌آوری جریان برگشت زه‌آب از منطقه آلوده و انحراف آنها به محل مناسب به منظور دفع یا تصفیه آنها، ۳)- کاهش زه‌آب از طریق کاهش مقدار تلفات نشت آب و نفوذ عمقی، ۴) - مصرف مستقیم

زه‌آب حاصله از آب‌های زیرزمینی کم‌عمق توسط کم‌آبیاری یا استفاده از سیستم دوگانه آبیاری - زهکشی و ۵)- تفکیک زه‌آب شور از منابع آب شیرین و استفاده مجدد آنها برای آبیاری است. تنها ۳ استراتژی اخیر در اینجا مورد بحث قرار می‌گیرد و ابتدا به آخرین استراتژی اشاره می‌شود. از آنجایی که پاره‌ای از اثرات آبیاری و زهکشی در مقیاس جامع پروژه‌ها و کل سیستم‌های ژئوهیدرولوژی عمل می‌کند لذا عملیات مدیریتی برای دفع زه‌آب و کنترل شوری نیز باید به مقیاس‌های بزرگتر عمل گردند. بنابراین بخش‌های زیر مرور کوتاهی بر چنین اطلاعات به عنوان اساس تدوین ضرورت‌های مناسب مدیریتی برای استفاده مجدد زه‌آب و برای ایجاد خط مشی مرتبط برای کنترل آب (و خاک) شور می‌باشد.

۳-۳-۱- محدود نمودن نفوذ عمقی و قطع زه‌آب

همان طور که توسط رودز (۱۹۷۴) و استر و رودز (۱۹۹۰ ,۱۹۷۵) ارائه شده است، کل بار نمک در منطقه توسعه ریشه از طریق نفوذ آب آبیاری در خاک را می‌توان به میزان ۲ تا ۱۲ میلیون گرم در هکتار در سال با کم کردن کسر آبشویی از ۰/۳ به ۰/۱ کاهش داد. چنین کاهشی در برگشت نمک از سه طریق به دست می‌آید. به علت آبیاری کمتر، نمک کمتری در اثر کاهش آبشویی تخلیه می‌شود و بنابراین نمک کمتری نیز به کار می‌رود. درصد کاهش تخلیه نمک در اثر کاربرد کمتر آب آبیاری برابر است با "$100(V_H - V_L)/V_L$" که در آن V_L و V_H به ترتیب احجام آب آبیاری با کسر آبشویی کم و زیاد است. کاهش آبشویی از طریق دیگر نیز سبب کاهش بیشتر بار نمک می‌شود. زیرا میزان رسوب بخشی از نمک به صورت مواد معدنی (مانند کلسیت و گچ) در خاک منطقه توسعه ریشه در این حالت افزایش پیدا می‌کند. فایده بیشتر کاهش آبشویی ناشی از کاهش برداشت نمک‌های زمین‌ساختی توسط آب‌های نفوذی در خاک‌های هوازده و تجزیه‌پذیر و لایه‌های تحت‌الارضی مواد معدنی است. زیرا کاهش آبشویی کاهش زه‌آب را در پی داشته که این به نوبه خود ظرفیت حلالیت آب شور را کم می‌نماید. بنابراین در مقایسه با آبشویی زیاد، به حداقل رساندن آبشویی مقدار نمک اضافه شده به خاک و نمک حاصله از

آبشویی منطقه توسعه ریشه را کاهش می‌دهد. در این حالت رسوب حاصله از نمک Ca، HCO۳، SO۴ به صورت مواد معدنی کربنات و گچ در خاک به حداکثر رسیده و برداشت نمک لایه‌های هوازده و تجزیه‌پذیر خاک زیرین به حداقل می‌رسد. اگرچه به حداقل رساندن آبشویی سبب کاهش حجم زه‌آب و مقدار مطلق نمک گردیده ولی از طرفی سبب افزایش غلظت نمک زه‌آب می‌شود. بنابراین اگر بتوان زه‌آب‌ها را قبل از برگشت به سطح خاک و یا تخلیه به آب‌های زیرزمینی جدا نمود چنین کاهشی در بار نمک و حجم زه‌آب و افزایش غلظت نمک فایده بالقوه در بر دارد. این مسئله به‌خصوص بیشتر در جایی که آب‌های حاصل از زه‌آب باید جمع‌آوری و نمک‌زدایی شوند واقعیت می‌یابد (۱۹۷۷ Rhoades and Suarez,)، همان‌گونه که در پروژه "Wellton - Mohawk" در اریزونا اجرا گردید (Van Schifgaarde, ۱۹۸۲) و شاید با منطق بیشتری برای اجرا در حاشیه خلیج فارس که سیستم شیرین کردن آب شور توجیه اقتصادی دارد به کار آید.

از طرف دیگر اگر زه‌آب زهکشی بر سطح زمین برگردانده شده و یا به آب زیرزمینی نفوذ نماید به حداقل رساندن میزان آبشویی ممکن است سبب کاهش تخریب شوری آب دریافتی بشود و هم ممکن است که این کاهش آب حاصل از زه‌آب صورت نگیرد (Rhoades and Suarez, ۱۹۷۷; Suarez and Van Genuchten, ۱۹۸۱). به طورکلی کاهش تخریب ناشی از کاهش آبشویی همیشه در جایی که آب‌های شور زیرزمینی با غلظت بیشتر از زه‌آب زهکشی منطقه توسعه ریشه وارد آب دریافتی مزارع شده و یا در جایی که نمک اضافی به غیر از آن که تنها توسط آب آبیاری حمل می‌شود در مسیر زهکشی وجود داشته و در اثر فرایند هوازدگی و انحلال، به صورت محلول در می‌آورند اتفاق می‌افتد. برای مثال رودخانه کلورادو و بسیاری از رودخانه‌های ایران در بخش عظیمی از اراضی آبی آنها مقادیر متنابهی نمک محلول در لایه‌های خاک وجود دارد. در این مکان‌ها به حداقل رساندن میزان آبشویی مقدار قابل‌توجهی از بار نمک رودخانه‌ها در پایین‌دست پروژه‌های آبیاری را کاهش می‌دهد. زیرا در اثر کاهش جذب نمک‌های زمین‌ساختی در ضمن عبور زه‌آب زهکشی از منطقه توسعه ریشه و از میان لایه‌های خاک امکان جابجا شدن آب‌های زیرزمینی خیلی شور موجود در سفره‌ها که به طریقی با رودخانه‌ها مرتبط هستند کم می‌گردد. در شرایط این چنین کاهش آبشویی همیشه سبب

کاهش شوری آب رودخانه در پایین‌دست پروژه می‌گردد. نتایج مشابهی را نیز می‌توان در شرایطی که اراضی آبی دارای لایه‌های زیرین گچی یا سایر فرمهای مواد معدنی یا نمک باشند نظیر آنچه که نوعاً در عراق، ایران و سوریه می‌باشد انتظار داشت.

از طرف دیگر در شرایط ژئوهیدرولوژی مانند رودخانه نیل در جنوب دلتای شمالی و بخش عمده‌ای از رودخانه ایندوس پاکستان، که مقدار نمک زمین‌ساختی در ناحیه ریشه در خاک یا لایه‌های زیرین خاک‌های تحت آبیاری کم بوده، ترکیب شیمیایی آب نفوذکرده نسبت به زه‌آب زهکشی در هنگام خروج از ناحیه ریشه تفاوت چندانی ندارد. در چنین حالت‌هایی، ترکیب اختلاط زه‌آب به اضافه آب دریافتی صرف نظر از میزان کسر آبشویی یکسان بوده و مقدار آن بستگی به وضعیت اشباع آب دریافتی در مورد کربنات و کلسیم و گچ و سرنوشت نهایی آب "ذخیره شده" در اثر کاهش آبشویی دارد. بنابراین به حداقل رساندن آبشویی از نقطه‌نظر کاهش شوری آب آبیاری که با زه‌آب زهکشی مخلوط می‌شوند در شرایط ژئوهیدرولوژی اراضی آبی وابسته به رودخانه‌های نیل و اندوس به خاطر عدم وجود منابع اصلی نمک در لایه‌های این اراضی، منافع کمتری دارد.

در مورد سیستم‌های رودخانه‌ای، بسته به شرایط هیدرولوژی، کاهش آبشویی شاید چندان نفعی در جلوگیری از تخریب آب‌های زیرزمینی دریافت کنندهٔ زه‌آب آبیاری نداشته باشد. بدون وجود منابع تغذیه‌کننده دیگری به غیر از جریان برگشتی آب‌های حاصل از زه‌آب، ترکیب شیمیایی آب زیرزمینی به تدریج به ترکیب آب زهکشی نزدیک شده در این صورت با کاهش آبشویی، شوری آن زیادتر می‌شود (Rhoades and Suarez, ۱۹۷۷) . به هر حال کاهش آبشویی سبب کند شدن زمان خروج آب زهکشی می‌گردد. بنابراین، شوری آب زیرزمینی، در هر فاصله زمانی با کاهش آبشویی تقلیل می‌یابد (Suarez and Van Genuchten ۱۹۸۱). مدیریت آبشویی محدود می‌تواند به طور مستمر تخریب آب‌های زیرزمینی را تنها زمانی کاهش دهد که سایر منابع تغذیه کننده حوضه موجود از کیفیت بالایی برخوردار بوده و مقدار جریان خروجی حوضه نسبت به جریان ورودی زه‌آب زیاد باشد. این حالت یکی از مسائلی است که باید در مورد رودخانه‌های نیل و ایندوس مد نظر قرار گیرد، به خصوص در مورد حوضه‌های عظیم آب زیرزمینی رودخانه ایندوس. زیرا در پاکستان، استفاده اصلی از آب‌های زیرزمینی مربوط

به آبیاری می‌باشد. برای بحث بیشتر در مورد اثر مدیریت زهکشی بر آلودگی آب زیرزمینی به (Rhoades and Suarez ۱۹۷۷) مراجعه گردد.

به دلایل فوق شیوه آبیاری "با به حداقل رساندن آبشویی" که کاهش نفوذ عمقی را به همراه خواهد داشت. باید در دستور کار قرار گرفته و اجرا شود تا بتوان شوری منابع آب مرتبط با پروژه آبیاری را کاهش داده، به‌خصوص در پروژه‌هایی که دارای لایه‌های رسوبی با بار نمک هستند (Rhoades & Suarez ,۱۹۷۷ Van Schifgaade et al., ۱۹۷۴;) . به علاوه آب حاصل از زهکش باید جمع‌آوری شده و از ورود آن به عمق زمین و اراضی با کیفیت مناسب جلوگیری به عمل آید. آب حاصل از زهکشی را می‌توان پس از نمک‌زدایی دوباره مورد استفاده قرار داد، یا راه مناسبی از طریق ایجاد حوضچه‌های تبخیری یا تزریق آن به درون یک سفره عمیق مجزا و یا به عنوان منبع تأمین آب در جایی که استفاده از آب شور متداول است به کار برد، نمک‌زدایی آب‌های حاصل از زه‌آب کشاورزی به منظور بهبود کیفیت آب غالباً اقتصادی نیست. اگرچه در پروژه "Wellotn - Mohawk" اریزونا در ایالت متحده به کار گرفته شده است. هزینه‌های بالای تصفیه، نگهداری و انرژی جزء عوامل بازدارنده می‌باشند. تنها در موارد بسیار استثنایی یا سیاسی ورای دلایل فنی نمک‌زدایی قابل دفاع می‌گردد (Van Schifgaarde, ۱۹۷۹, ۱۹۸۲).

۳-۳-۲- جمع‌آوری، جداسازی و استفاده مجدد از آب زهکشی در آبیاری

هدف نهایی مدیریت آبیاری باید به حداقل رساندن مقدار استحصال آب از پروژه‌های دارای کاربرد آب با کیفیت خوب و حداکثر نمودن بهره‌وری از این آب استحصالی در عمل آبیاری باشد، به نحوی که حتی‌الامکان صرف عمل تعرق (و نهایتاً تولید بیوماس یا توده گیاهی) گردیده و تلفات این آب و تخلیه آن به صورت زهکشی به حداقل ممکن برسد.

در جهت این هدف تا جایی که آب زهکشی از یک مزرعه یا یک پروژه هنوز هم برای استفاده در تعرق یک گیاه مفید باشد (یعنی گیاه که مقاومت کافی به شوری دارد قادر باشد آب مورد نیاز جهت تعرق خود را با سرعت کافی از محلول شور جدا نماید) باید قبل از دفع نهایی مجدداً برای آبیاری مورد استفاده قرار گیرد (رودز، ۱۹۷۷، ۱۹۸۴b، ۱۹۸۴c،

۱۹۸۹). به این ترتیب میزان آب زهکشی و خطر شورکنندگی آن کاهش خواهد یافت و عملاً منجر به افزایش تأمین آب آبیاری می‌گردد. همچنین این امر سبب کاهش ماندابی شدن و تنزل مقدار کلی تخریب خاک ناشی از شوری در منطقه مربوطه خواهد گردید.

برای استفاده مجدد از آب‌های زهکشی الزاماً پنج راهبرد مختلف به شرح زیر وجود دارد:

۱- استفاده از آب زهکشی به عنوان تنها منبع تأمین آب آبیاری.
۲- استفاده از اختلاط آب زهکشی و آب تازه.
۳- استفاده از دو منبع مجزای تأمین آب تحت عنوان روش "سریال/چرخشی".
۴- استفاده مستقیم آب زهکشی از سطح ایستابی کم‌عمق به طریق کم‌آبیاری.
۵- استفاده آب زهکشی از سطح ایستابی کم‌عمق به طریق ادغام سیستم آبیاری و زهکشی زیرزمینی که در آن عمق سطح آب زیرزمینی به منظور استفاده بهینه از آن توسط گیاه، کنترل می‌گردد.

هرکدام از راهبردهای فوق دارای مزایا و معایبی هستند که ذیلاً مورد بحث قرار می‌گیرند.

معایب استفاده از آب شور زهکشی به عنوان تنها منبع آب آبیاری عبارتند از :

۱- متوسط شوری خاک به خصوص در خاک لایه سطحی در طول زمان بیشتر است.
۲- جوانه زدن گیاه مشکل‌تر است.
۳- مقدار محصول کمتر است.
۴- امکان تولید گیاهان حساس به شوری کمتر است.
۵- غالباً به افت خالص آب قابل مصرف منجر می‌گردد (دلایل و توجیه این نتیجه‌گیری در قسمت بعدی ارائه می‌گردد).

آب‌های زهکشی غالباً از طریق جریان انتشار به مسیر آب‌های زیرزمینی برگشته و لذا به صورت خودکار اختلاط و استفاده مجدد از آب صورت می‌پذیرد.

همچنین گاهی آب‌های زهکشی عمداً با آب‌های لب‌شور تأمین شده مخلوط گردیده و سپس به عنوان افزایش منابع تأمین آب آبیاری مورد استفاده مجدد قرار می‌گیرند. علاوه بر

این آب‌های شور زهکشی گاهی قبل از آنکه به درون منابع آب با کیفیت مطلوب تخلیه گردند به عنوان بخشی از برنامه‌های حفاظت کیفی آب با آب‌های لب‌شور مخلوط می‌شوند.

تمام این‌گونه اقدامات اختلاطی باتوجه به اثرات کلی اختلاط روی حجم کل آب قابل استفاده از منبع تأمین آب مختلط، نسبت به منابع آب جداگانه، دارای مضرات و محدودیت‌هایی هستند. لذا اقدامات مذکور نباید به عنوان یک روش عمومی برای کنترل شوری یا حفاظت کیفی آب تلقی و توصیه شوند (رودز ۱۹۸۹، ۱۹۹۰b). درخصوص اختلاط تحلیل بسیار غلطی وجود دارد که نیاز به تصحیح دارد. در بخش بعدی یک مثال ساده برای بیان این برداشت غلط از مفهوم اختلاط در ارتباط با اهداف افزایش منابع آب و حفظ کیفیت آب ارائه خواهد شد.

مزایای راهبرد "سریال / چرخشی" به شرح زیر هستند:

۱- شوری خاک در طول زمان به خصوص در خاک سطحی و در دوره جوانه زدن گیاه پایین نگه داشته می‌شود.

۲- گیاهان حساس به شوری نیز می‌توانند در این مجموعه تولید گردند.

۳- نیازی به سطح ایستابی کم‌عمق نیست (از مسائل مربوطه می‌توان اجتناب نمود).

۴- سیستم‌های آبیاری و زهکشی متداول قابل استفاده هستند.

۵- زهکشی به صورت سریال (متوالی) در جهت تغلیظ زه‌آب هم‌زمان با کاهش حجم آن انجام گرفته و در طی این فرایند منافعی نیز در تولید غذا و بیوماس (توده گیاهی) خواهد داشت.

۶- زه‌آب ثانوی که به تدریج غلیظ می‌شود نباید نظیر وقتی که آب زهکشی از طریق کم‌آبیاری یا راهبردهای زهکشی کنترل شده از آب زیرزمینی استخراج می‌گردد، در سطح ایستابی کم‌عمق زیر مزرعه باقی بماند.

مضار راهبرد "سریال/چرخشی" به شرح زیر می‌باشند:

۱- آب زهکشی باید جمع‌آوری شده و از منبع آب اولیه جدا باشد.

۲- سدیم و بر جذب شده که در زمان استفاده مجدد از آب زهکشی در خاک لایه

سطحی مجتمع گردیده، می‌باید در هنگام آبیاری با آب تازه خارج شود.

۳- برای حفظ قابلیت خاک‌ورزی مزرعه در ارتباط با کاربرد آب کم نمک در خاکی که مقدار سدیم قابل تبادل زیاد دارد، به اعمال مدیریت ویژه‌ای نیاز است.

مزایای استفاده مستقیم از آب زیرزمینی کم‌عمق شامل موارد زیر است:

۱- از افزایش میزان نمک‌ها و سدیم و بر قابل جذب در خاک لایه سطحی اجتناب می‌شود.

۲- سیستم جمع‌کننده زه‌آب مورد نیاز نیست.

۳- هزینه سیستم استفاده مجدد در بین کلیه گزینه‌ها، کمترین است.

مضار این راهبرد عبارتند از:

۱- ضعیف‌ترین گزینه از نظر کنترل مطلوب مقدار زه‌آب مصرفی و برنامه زمانی استفاده از آب مذکور می‌باشد.

۲- کنترل ضعیف‌تر عمق سطح ایستابی در مقایسه با سیستم آبیاری و زهکشی زیرزمینی.

۳- افزایش شوری آب زیرزمینی و کاهش قابلیت استفاده از آن با گذشت زمان.

۴- استفاده مکرر از سیستم برای تغلیظ تدریجی آب زهکشی مقدور نبوده و امکاناتی نیز برای تخلیه نهایی زه‌آب نهایی وجود ندارد.

۵- در شرایط عدم وجود سطح ایستابی کم‌عمق امکان استفاده از این سیستم در اراضی بالادست شیب وجود ندارد.

۶- احتمال بروز مسائل دیگر مرتبط با وجود سطح ایستابی کم‌عمق افزایش می‌یابد.

۷- سیستم دقیقاً مطالعه شده و تأیید شده‌ای نیست.

مزایای راهبرد آبیاری و زهکشی ترکیبی زیرزمینی کنترل شده به شرح زیر هستند:

۱- از افزایش میزان نمک‌ها و سدیم یا بر قابل جذب در خاک سطحی اجتناب می‌شود.

۲- عمق سطح ایستابی بهتر از سیستم کم‌آبیاری کنترل می‌شود.

۳- امکان دفع نهایی فراهم است (این سیستم مانند سیستم کم‌آبیاری در یک حلقه

بسته عمل می‌کند).

معایب سیستم آبیاری زهکشی ترکیبی به شرح زیر است:

۱- در میان تمام گزینه‌ها از همه گران‌تر است.

۲- به بیشترین مدیریت نیاز دارد.

۳- این سیستم نمی‌تواند در یک حالت سری (تکراری) و کاربرد مجموعه‌ای از گیاهان، با استفاده مجدد و متوالی از آب زهکشی در جهت تغلیظ آن و حصول زه‌آب نهایی و دفع آن، نظیر آنچه که می‌تواند در راهبرد "سریال / چرخشی" وجود داشته باشد، مورد استفاده قرار گیرد یا پایدار بماند.

۴- این روش به طور گسترده مورد مطالعه قرار نگرفته است.

عملی‌ترین و اساسی‌ترین راهبرد مناسب برای کنترل شوری منابع آب مرتبط با کشت آبی و افزایش مقدار مؤثر تأمین آب برای تولید محصول (یا سایر مصارفی که شوری در آن یک محدودیت است)، جداسازی آب‌های زهکشی قبل از برگشت آنها به رودخانه (یا سایر منابع آبی کم‌نمک) و استفاده مستقیم در آبیاری از طریق جایگزینی آنها با آب محلول کم‌نمک در برخی مقاطع از فصل آبیاری برای تولید گیاهان خاص مقاوم به شوری در تناوب زراعی، یعنی استراتژی "سریال / چرخشی"، می‌باشد (رودز، cوbوa ۱۹۸۴، ۱۹۸۸). این راهبرد منجر به صرفه‌جویی در آب، امکان تولید کامل محصول و کاهش بار نمک رودخانه‌هایی که در معرض جریان آب‌های برگشتی زهکشی قرار دارند می‌گردد (رودز ۱۹۸۴c، ۱۹۸۹). هم‌چنین مقدار آب تخصیصی به نیازهای آبیاری را کاهش خواهد داد. نتایج مطالعات مدل‌سازی و هم‌چنین آزمایشات صحرایی اعتبار و امکان راهبرد استفاده مجدد "سریال / چرخشی" را مورد تأیید قرار می‌دهند (رودز ۱۹۷۷، ۱۹۸۴c، ۱۹۸۸، cوbوa۱۹۸۹ و مینهاس و همکاران ۱۹۸۹، b و a ۱۹۹۰). این راهبرد هم‌اکنون در یک پروژه نمونه در استرالیا در دست آزمایش است (هیت و هوپرمن، ۱۹۹۶).

نگرشی دیگر از مفهوم فوق این است که از آب زهکشی مستقیماً از طریق سطح ایستابی کم‌عمق به طریق کم‌آبیاری و یا کنترل عمق سطح ایستابی استفاده گردد (آیرز و همکاران ۱۹۹۳، منگورا و گارسیا، ۱۹۹۷). آزمایشات انجام شده در این خصوص نتایج

نویدبخشی را نشان داده‌اند (آیرز ۱۹۹۶، آیرز و همکاران ۱۹۹۸). همان‌طورکه قبلاً ذکر شد عمده‌ترین مزایای استفاده مستقیم از آب زیرزمینی کم‌عمق اجتناب از افزایش میزان سدیم و بر در سطح خاک و نیاز به جمع‌آوری و به‌کارگیری آب از طریق یک سیستم آبیاری است. اشکال اصلی در این ارتباط فقدان کنترل روی امر آبیاری در صورت استفاده از روش کم‌آبیاری، یا هزینه بالای سیستم دوگانه آبیاری و زهکشی در صورت کنترل شدن رقوم سطح ایستابی می‌باشد (آیرز و همکاران ۱۹۹۷، گریسمر ۱۹۹۰). شایسته است مطالعه و توسعه بیشتری در این زمینه به عمل آید.

استفاده از آب شور برای آبیاری از طریق راهبردهای توصیه شده می‌تواند در وضعیت‌های متفاوت و متعددی عملی باشد. یکی از این موقعیت‌ها وضعیتی است که آب با کیفیت بسیار عالی در دوره اولیه رشد در دسترس بوده لیکن تأمین آب برای رفع نیاز گیاه در کل دوره رشد یا خیلی گران تمام می‌شود و یا محدودیت زیادی دارد. برای مثال این وضعیت در قسمت‌هایی از کشور پاکستان وجود دارد. هنگامی که هزینه‌های تأمین آب با کیفیت عالی عامل بازدارنده باشد می‌توان گیاهان مقاوم و نسبتاً مقاوم به شوری را با استفاده از آب شور زهکشی یا آب شور زیرزمینی به خصوص در مرحله آخر رشد آبیاری نمود. این امر حتی اگر منجر به کاهش میزان محصول نسبت به محصول حداکثر در شرایط آبیاری با آب تازه (شیرین) شود توجیه اقتصادی دارد. استفاده از آب شور برای آبیاری، مقدار آب با کیفیت عالی موردنیاز برای رشد گیاهان را کاهش داده و در واقع سبب گسترش و توسعه منبع آب برای تولید محصول می‌گردد.

موقعیت دیگری که موجب چنین استفاده مجددی می‌گردد هنگامی است که دفع نهایی زه‌آب یا امکان پایین‌انداختن سطح ایستابی بسیار کم‌عمق به لحاظ فیزیکی، زیست‌محیطی، اجتماعی و یا عوامل سیاسی عملی نباشد. استفاده مجدد از آب زهکشی در آبیاری در چنین وضعیتی حجم زه‌آب برای دفع یا تصفیه و هزینه‌های مترتب بر آن را کاهش می‌دهد، (رودز، ۱۹۷۷). به علاوه کاهش حجم زهکشی بار نمک آب دریافتی را نیز کمتر می‌نماید (رودز، ۱۹۸۴b). به عنوان مثال بسیاری از زارعین در دره سن‌ژوکوئن کالیفرنیا (آمریکا) در حال حاضر از آب زهکشی، حداقل به عنوان یک راه‌حل کوتاه‌مدت، در جهت کاهش حجم زهکشی استفاده مجدد نموده تا بتوانند محدودیت‌هایی که اخیراً

در مورد تخلیه زه‌آب‌ها و حفظ کیفیت و اکولوژی سیستم آب‌های دریافتی به وجود آمده را جوابگو باشند (لیتی، ۱۹۹۴).

توجیه استفاده درازمدت از آب زهکشی برای آبیاری به منظور کاهش حجم زهکشی در یک پروژه یا در مقیاس منطقه‌ای، احتمالاً نسبت به مقیاس یک مزرعه بیشتر است (گراتان و رودز، ۱۹۹۰، ۱۹۹۶). مدیریت منطقه‌ای، استفاده مجدد از آب زهکشی برای برخی نقاط را مجاز دانسته تا بتوان از افزایش تدریجی غلظت آب زهکشی در اثر توالی مصرف از یک منبع آب مشخص برای یک محدوده اراضی معین (یعنی در یک حلقه بسته) جلوگیری نمود. با مدیریت منطقه‌ای می‌توان برخی از اراضی منطقه را برای آبیاری از طریق استفاده مجدد از آب زهکشی اختصاص داده و اراضی دیگر نظیر آن دسته از اراضی که بالادست شیب قرار دارند را طبق معمول فقط با آب دارای کیفیت عالی آبیاری نمود. آب زهکشی ثانویه که از اراضی که یک بار از آب زهکشی اولیه استفاده کرده‌اند به دست می‌آید، به اراضی دیگری که به استفاده مجدد اختصاص یافته و در آنها گیاهان بسیار مقاوم به شوری کشت می‌شوند و یا به حوضچه‌های تبخیری موضعی و یا تأسیسات تصفیه تخلیه می‌گردد (گراتن و رودز، ۱۹۹۰- گراتن و همکاران، ۱۹۸۸ - اوستر و همکاران، ۱۹۹۸). در این گونه سیستم‌های استفاده مجدد از آب زهکشی، توصیه می‌شود که هماهنگی منطقه‌ای و تقسیم هزینه‌ها بین کشاورزان توسط خود آنها صورت گیرد.

به منظور حصول موفقیت در طرح و اجرای برنامه چرخشی، راهبرد تناوب دوگانه آبیاری با آب‌های شور و زهکشی، می‌بایست انواع مسایل فنی و اقتصادی و ملاحظات خاک نیز مورد توجه قرار گیرند. این‌گونه مسائل در جای دیگر مورد بحث قرار گرفته‌اند (گراتن و رودز، ۱۹۹۰، ۱۹۹۶).

۳-۳-۳- اجتناب از آب‌های مخلوط برای آبیاری یا دفع آنها

همان‌طور که قبلاً ذکر شد هدف نهایی از استفاده مجدد از آب زهکشی و حفظ کیفیت آب باید این باشد که امکان حداکثر بهره‌وری عملی از کل منبع تأمین آب یعنی آب زهکشی و آب تازه (شیرین) فراهم گردد. به‌طورکلی بهره‌برداران آب را می‌توان به دو گروه

تقسیم کرد:

۱- آنهایی که آب را در طول فرآیند بهره‌برداری مورد مصرف قرار می‌دهند.

۲- آنهایی که آب را بدون بهره‌برداری معقول مورد استفاده قرار می‌دهند.

بهره‌برداران نوع اول (که شامل تولیدکنندگان محصول هستند) از زیان نهفته در فلسفه اختلاط ناشی از استفاده مجدد از آب زهکشی و حفظ کیفیت آب صدمه خواهند دید. این نتیجه به طور خلاصه در این بخش مورد بحث قرار خواهد گرفت.

رشد گیاه با مصرف آب از طریق تعرق رابطه مستقیم دارد. این واقعیت در کتاب‌ها به وضوح نشان داده شده و توضیحات مبانی فیزیکی و فیزیولوژیکی آن در جای دیگر ارائه گردیده است (سینکلیر، ۱۹۹۴). از نقطه‌نظر کشت آبی، هدف این است که مقدار آب قابل دسترس برای انجام تعرق افزایش پیدا کند. در مورد استفاده از آب شور در آبیاری و انتخاب سیاست‌ها و عملیات مناسب در راستای مدیریت زهکشی و حفظ کیفیت آب، تشخیص این نکته اهمیت دارد که تمامی حجم یک منبع آب شور نمی‌تواند در تولید محصول (یعنی تعرق گیاه) مفید واقع شود. هرچه شوری آب بیشتر باشد مصرف آن قبل از اینکه محدودیتی برای رشد به وجود آورد کمتر می‌شود. گیاهان باید به آب با چنان کیفیتی دسترسی داشته باشند که بدون افزایش بیش از حد غلظت نمک‌ها (به صورت موردی یا تجمعی) بتواند در جهت رشد کافی، مصرف گردد. اصولاً گیاهان در فرآیند تعرق، تقریباً آب خالص را از محلول شور موجود در منطقه ریشه جدا می‌کنند. آب خالص به درون اتمسفر تعریق می‌شود و نمک‌ها در بقیه آب مصرف نشده در خاک تجمع پیدا می‌کنند. این آب نهایتاً آب زهکشی را تشکیل می‌دهد. هر گیاه در شرایط اقلیمی و مدیریتی معین، چنانچه غلظت نمک آب موجود در خاک از حد مشخصی تجاوز کند رشد مناسب نخواهد داشت (برن اشتاین، ۱۹۷۵). این امر در مورد شورزیست‌ها (هالوفیت‌ها) نیز واقعیت دارد (میاموتو و همکاران، ۱۹۹۶). بنابراین واضح است که چنانچه آب محتوی نمک باشد تمام آب آن منبع نمی‌تواند به وسیله گیاه مصرف شود. عمل اختلاط یا وارد کردن آب‌های با شوری بیش از حد در منابع آب با کیفیت خوب باید فقط هنگامی صورت پذیرد که

چگونگی تأثیر آن روی حجم آب قابل مصرف (قابل استفاده) در حالت منابع مجزا و مرکب مورد بررسی قرار گرفته باشد.

برای بیان اعتبار این نتیجه‌گیری در اینجا چند مثال ساده عینی و قابل درک ارائه خواهد شد. در این مثال‌ها یک مخزن آب با حجم معین فرض شده است. از آب این مخزن برای آبیاری گیاهی با عمق مشخص ریشه که در خاکی با فرض مقدار رطوبت معادل ظرفیت زراعی در ابتدا و انتهای فصل کشت شده استفاده می‌گردد. بخشی از این آب به صورت تعریق توسط گیاه در تولید توده گیاهی نقش دارد (هدف آبیاری)، بخشی دیگر نیز که به صورت زهکشی از خاک عبور می‌کند به مخزن برمی‌گردد (در این مثال از تبخیر صرفنظر شده است). چرخه آبیاری و زهکشی آنقدر تکرار می‌گردد تا غلظت نمک آب بیش از حد مجاز برای رشد گیاه شود (منظور آب مصرفی یا تعریقی برای گیاه است). در حالت ۱ مخزن (که در سمت چپ شکل شماره ۲ قبل از شروع مصرف نشان داده شده است) در ابتدا پر از آب با غلظت ۵۰۰ پی.پی.ام می‌باشد. از این آب برای محصول لوبیا که مقاومت حداکثر آن به شوری ۱۵۰۰ پی.پی.ام فرض شده استفاده گردیده است. وقتی که ۶۷ درصد از این آب در تعریق مصرف شود غلظت آن به ۱۵۰۰ پی.پی.ام افزایش خواهد یافت. لذا مصرف بیشتر (استفاده مفید) از آن برای آبیاری محصول لوبیا یا سایر محصولات با همان مقاومت شوری و کمتر از آن، عملی نخواهد بود. در چنین حالتی حجم آب قابل استفاده در ۱۰۰ واحد از محلول شور با غلظت ۵۰۰ پی.پی.ام برابر ۶۷ واحد است. ۳۳ واحد باقیمانده (که در سمت راست شکل شماره ۲ نشان داده شده است) برای محصول لوبیا فاقد ارزش بوده لیکن ممکن است برای گیاه دیگری با مقاومت شوری بیشتر نظیر گندم قابل استفاده باشد. بنابراین آب زهکشی شور مذکور (که در سمت چپ شکل شماره ۳ در داخل مخزن نشان داده شده است) می‌تواند برای آبیاری گندم در یک سیستم بسته مشابه مورد استفاده قرار گیرد. این موضوع در حالت ۲ در شکل شماره ۳ نشان داده شده است.

با فرض اینکه حداکثر مقاومت به شوری گندم معادل ۷۵۰۰ پی.پی.ام باشد، می‌توان ۸۰ درصد این آب را قبل از اینکه بقیه محلول به این غلظت برسد مصرف نمود. در این

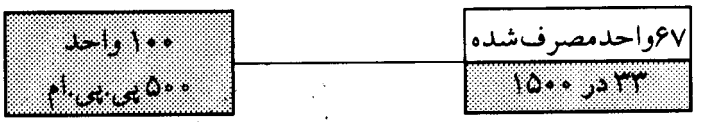
حال حجم اصلی (۱۰۰ واحد با شوری ۵۰۰ پی.پی.ام) آب به ۶/۶ واحد کاهش یافته است. در این فرآیند ۹۳/۴ درصد از آب به توده گیاهی (بیوماس) لوبیا و گندم تبدیل گردیده و تنها ۶/۶ واحد باید دفع گردد. (واقعیت این است که مقداری از این آب نیز می‌تواند به استفاده گیاهان شورزیست برسد). برای مقایسه، به محاسبه قابلیت استفاده آب حاصل از اختلاط ۶/۶ واحد با شوری ۶۵۰۰ پی.پی.ام زهکشی شده از آبیاری گندم (نتیجه حاصله در حالت ۲) و ۱۰۰ واحد آب با شوری ۵۰۰ پی.پی.ام (ارائه شده در حالت ۱) مناسب برای رشد حبوبات، توجه کنید. این امر در حالت ۳ در شکل شماره ۴ توضیح داده شده است. مخزنی که در سمت چپ شکل شماره ۴ قبل از استفاده حاوی ۱۰۶/۶ واحد آب با شوری ۹۳۳ پی.پی.ام (میانگین وزنی ۶/۶ واحد با شوری ۱۵۰۰ پی.پی.ام و ۱۰۰ واحد با شوری ۵۰۰ پی.پی.ام) بوده است، پس از اینکه تنها ۴۰/۳ واحد از این آب مخلوط شده مصرف گردید، غلظت آن، هم‌چنان که در سمت راست شکل شماره ۴ نشان داده شده، برای تداوم رشد از حد مجاز تجاوز می‌کند. بنابراین ملاحظه می‌گردد که ۱۰۰ واحد آب با شوری ۵۰۰ پی.پی.ام که وقتی به تنهایی مصرف شده ۶۷ واحد توده گیاهی تولید کرده است (به شکل شماره ۲ مراجعه شود). هنگامی که با مقدار نسبتاً کمی از آب زهکشی که شوری آن فراتر از حد قابل قبول برای محصول لوبیا می‌باشد مخلوط گردد، قابلیت استفاده از آن کاهش می‌یابد (به شکل شماره ۴ مراجعه شود). بهره‌برداری از این آب مخلوط منجر به از دست دادن ۲۷ واحد (۴۰/۳-۶۷) از پتانسیل مصرف مفید آن گردید، علی‌رغم این که حجم آن افزایش پیدا نمود. (۱۰۶/۶ واحد به جای ۱۰۰ واحد) و غلظت آن بر اساس استانداردهای آبیاری در حد کیفیت قابل قبول (۹۳۳ پی.پی.ام) بوده است. اصول مربوط به مزایا و مضار بالقوه استفاده مجدد و اختلاط در این مثال‌های ساده به وضوح روشن گردیده‌اند.

مثال‌های موردی جزیی‌تری که‌برخی از نتایج‌پیش‌گفته رانشان داده وتوجیه می‌نماید در نوشته‌های دیگر ارائه شده‌اند (رودز۱۹۸۹،رودز و دینار۱۹۹۱، رودز وهمکاران ۱۹۹۲).

مورد شماره ۱ (حالت ۱)

آب ۵۰۰ پی.پی.ام

محصول لوبیا، ۱۵۰۰ پی.پی.ام (مقاومت به شوری)



شکل شماره ۲- نمایش شماتیک مقدار آب در دسترس برای رشد محصول لوبیا در محلول نمک ۵۰۰ پی.پی.ام : مورد (حالت) شماره ۱

مورد شماره ۲ (حالت ۲)

آب ۱۵۰۰ پی.پی.ام

محصول گندم، ۷۵۰۰ پی.پی.ام (مقاومت به شوری)

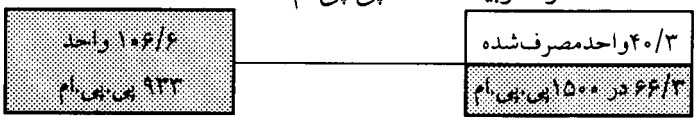
۸۰٪ زه‌آب لوبیا مصرف شده و ۳۳ واحد آب به ۶/۶ واحد کاهش یافت.
(حجم زه‌آب کاهش یافت)
(استفاده از منبع آب افزایش یافت)

شکل شماره ۳- نمایش شماتیک مقدار آب در دسترس برای رشد محصول گندم در محلول نمکی ۱۵۰۰ پی.پی.ام
رها شده از محصول لوبیا: مورد (حالت) شماره ۲

مورد شماره ۳ (حالت ۳)

مخلوط ۶/۶ واحد در ۷۵۰۰ پی.پی.ام با ۱۰۰ واحد در ۵۰۰ پی.پی.ام

محصول لوبیا : ۱۵۰۰ پی.پی.ام



(آب بیشتر و با کیفیت قابل قبول)

(ولی از دست دادن ۲۷ واحد آب قابل استفاده برای رشد لوبیا به لحاظ اختلاط)

شکل شماره ۴- نمایش شماتیک مقدار آب در دسترس برای رشد محصول لوبیا در محلول شور ۹۳۳ پی.پی.ام حاصل از اختلاط ۱۰۰ واحد محلول ۵۰۰ پی.پی.ام با ۶/۶ واحد محلول ۷۵۰۰ پی.پی.ام: مورد (حالت) شماره ۳

اصولی که در خصوص مثال‌های موردی فوق به تصویر کشیده شد همچنین در ارتباط با سیستم‌های رودخانه‌ای که آب از بالادست برای آبیاری منحرف شده و آب‌های زهکشی در پایین‌دست به آن برمی‌گردند، هنگامی که قابلیت استفاده حجم کل رودخانه با برگشت زهکشی به آن و بدون این حالت (یعنی با و بدون اختلاط) مورد نظر می‌باشد کاربرد دارند. مورد نظیر سیستم فرضی رودخانه‌ای در سایر نوشته‌ها نیز منعکس می‌باشد (رودز، ۱۹۸۹ و رودز و دینار، ۱۹۹۱). این مطالعه موردی رودخانه نشان داد که آلودگی رودخانه‌ها که از طریق برگشت آب‌های زهکشی به آنها به وقوع می‌پیوندد با قطع جریان‌های برگشتی زهکشی، استفاده مجدد از آنها برای آبیاری و جداسازی زه‌آب نهایی غیرقابل استفاده از جریان رودخانه می‌تواند کنترل شود. علاوه‌بر این تجارب میدانی حاصل از آزمایش نیز مراتب فوق را تأیید نموده است. بنده به خاطر جلوگیری از اطاله کلام شما را به مراجع رودز، ۱۹۷۷، ۱۹۸۴c، ۱۹۸۸، bو۱۹۸۹a، مینهاس و همکاران ۱۹۸۹، bو۱۹۹۰a برای کسب اطلاعات بیشتر راهنمایی می‌کنم.

نتایج مطالعات موردی که فوقاً به آنها اشاره شد نشان می‌دهند که اختلاط آب‌هایی که شوری آن برای مصرف خاصی زیاد باشد با منابع آب با کیفیت خوب منجر به تأمین حجم بالقوه‌ی آب مصرفی مخلوط شده که فایده آن پایین‌تر از فایده بخش آب با کیفیت خوب

آن مخلوط به تنهایی می‌باشد. میزان این کاهش کیفیت در آب قابل استفاده، به حجم و غلظت آب با شوری کم (آب دریافتی) و آب شور دفعی (زهکشی) و همچنین به مقاومت گیاهان نسبت به شوری، که از طریق آبیاری تولید می‌شوند بستگی دارد. بنابراین ارزش هر آب اختلاطی باید به صورت مورد به مورد ارزیابی گردد. در برخی موارد ممکن است اختلاط آب و تحمل نتایج حاصل از کاهش قابلیت استفاده از آن به لحاظ تولید بالقوه محصول، در مقابل هزینه‌های بسیار بالای دفع آب‌های زاید اقتصادی‌تر باشد. اصلی که باید در این ارتباط درک شود این است که: اگر آب زهکشی (دفعی) برای گیاه مورد نظر ما بیش از حد شور است، در اثر اختلاط آن با آبی با شوری کم نه تنها هیچ‌گونه استفاده مفید اضافه‌ای به وجود نخواهد آمد، بلکه از مقدار فایده‌رسانی خود آب با شوری کم به تنهایی نیز در اثر این اختلاط کاسته می‌گردد.

گاهی آب‌های زهکشی با استفاده از آب‌های با کیفیت خوب عمداً رقیق می‌شوند تا به استاندارد تخلیه معینی رسیده و سپس به منابع آب با کیفیت خوب برگردند. اما همچنان‌که در مطالعات فوق‌الذکر مشاهده می‌گردد حتی وقتی که حجم نسبتاً کمی از آب با شوری خیلی زیاد در یک منبع آب بزرگتر با کیفیت خوب تداخل می‌کند نتیجه نهایی این است که بخشی از این آب مخلوط شده برای تعرق محصولات حساس به شوری غیرقابل استفاده می‌گردد. بنابراین نتیجه‌گیری می‌شود که اختلاط و یا رقیق کردن آب‌های زهکشی با آبهای با کیفیت خوب به منظور افزایش منابع آب و یا نیل به حد استاندارد تخلیه، می‌تواند در برخی شرایط نامناسب باشد. با وجودی که غلظت آب اختلاطی ممکن است آن قدر پایین باشد که در تطبیق با استانداردهای قابل قبول کافی بوده، معذالک ممکن است قابلیت استفاده منبع آب با کیفیت خوب در اثر فرآیند اختلاط، برای محصولات حساس به شوری (یا سایر بهره‌گیری‌های آبی حساس به شوری) کاهش پیدا کند. هر زمان که میزان نمک یک منبع آب کشاورزی افزایش پیدا می‌کند میزان قابلیت مصرف آن قبل از بالارفتن غلظت و ایجاد محدودیت، کاهش می‌یابد. با تفکیک آب‌های شور و شیرین معمولاً می‌توان محصول بیشتری از کل منبع آب به دست آورد. در مورد جدا نگهداشتن آب‌های شور زهکشی از منابع آب با کیفیت خوب به خصوص هنگامی که آب‌های اخیر باید برای آبیاری محصولات حساس به شوری به کار روند باید توجهات جدی مبذول نمود. از آب‌های شور زهکشی با جایگزین شدن به جای آب با کیفیت خوب برای آبیاری محصول واقع در تناوب در مرحله رشد پس از جوانه زدن می‌توان استفاده مؤثرتری به عمل آورد.

استفاده مجدد از آب زهکشی برای آبیاری گیاهان مقاوم به شوری، حجم نهایی آب زهکشی قابل دفع و همچنین مشکلات آلودگی محیطی همراه با تخلیه جریان‌های برگشتی آبیاری را کاهش می‌دهد.

۴- نتایج و توصیه‌ها

۴-۱- وابستگی تولید محصول به آبیاری

تقاضا برای مواد غذایی در جهان رو به افزایش بوده و انتظار می‌رود در دهه‌های آتی این امر به یک محدودیت جدی مبدل شود. در حال حاضر کشت آبی یک محور عمده تولید محصول محسوب گردیده و حداقل $\frac{1}{3}$ تولید در سطح جهان و خیلی بیش از این رقم در کشورهای خشکی مانند مصر و پاکستان از این طریق فراهم می‌گردد. در این ارتباط انتظار می‌رود وابستگی فعلی و آتی به امر آبیاری به خصوص در مناطق خاور نزدیک و خاورمیانه افزایش یابد. لیکن آهنگ رشد در زمینه توسعه آبیاری در یکی دو دهه گذشته به نحو تأسف‌باری کند بوده و نرخ رشد فعلی به خصوص در مناطق فوق‌الذکر پاسخگوی گسترش نیازهای غذایی نیست. به موازات این امر اراضی آبی توسعه یافته فعلی و منابع آبی مربوطه به دلیل فعالیت‌های آبیاری و زهکشی و ایجاد شوری ثانوی به صورت گسترده‌ای در حال تخریب و قلیایی شدن بوده و تنزل شدید یافته‌اند. جدی بودن این امر در گرو درک کامل مسؤلین رده بالا و مدیران کشاورزی و منابع آب سازمان‌های مختلف جهانی قرار داشته و لازم است سیاست‌های مناسب و برنامه‌های مؤثر برای پرداختن به این جدی‌ترین موضوع تدوین و اجرا گردد. استفاده از آب‌های شور زهکشی در جهت کمک به تولید مواد غذایی و منابع آبی در آینده ضرورت دارد. مدیریت و راهبردهای عملی برای تسهیل در این‌گونه استفاده مجدد در حال حاضر وجود دارد لیکن تحقیق بیشتر در خصوص بررسی اثرات بالقوه درازمدت روی خاک زراعی ضروری می‌نماید.

۴-۲- جنبه‌های تخریبی آبیاری زهکشی

کشت آبی منجر به اختلالات عمده زیست‌محیطی گردیده و قابلیت پایداری بالای آن در بسیاری از نقاط جهان زیر سؤال رفته است. در تعدادی از کشورها اراضی وسیعی به علت ماندابی شدن و شور شدن ناشی از آبیاری بی‌رویه و سایر روش‌های مدیریتی ضعیف کشاورزی تخریب گردیده‌اند. در حدود ۲۰ تا ۵۰ درصد اراضی آبی به دلیل شوری و ماندابی شدیداً دچار افت تولید محصول شده‌اند. کشت آبی همچنین منابع آبی به‌خصوص آب‌های سطحی سهل‌الوصول و آب‌های زیرزمینی کم‌عمق را تخلیه نموده و برخی از آنها را نیز آلوده کرده است. آلودگی منابع آب آبیاری در بسیاری نقاط ریسک‌های مربوط به سلامتی و افزایش شدید هزینه‌های تصفیه آب مصرفی شرب و صنعت و همچنین محدودیت تولید بالقوه محصول را در بر دارد. ارزش‌های تفریحی، زیبایی و سکونت در بسیاری از سیستم‌های آبی و همچنین محیط‌های کشاورزی نیز به علت توسعه و عملیات آبیاری روبه زوال بوده است. در برخی کشورهای پیشرفته مقررات باارزشی در جهت کاهش آلودگی‌های ناشی از تخلیه‌های آب آبیاری و یا تصفیه ضایعات آن قبل از تخلیه، در دست تدوین می‌باشند. یافتن محل مناسب و قابل قبول برای تخلیه این گونه آب‌ها در ارتباط با پایداری و تداوم کشت آبی به خصوص در برخی کشورهای پیشرفته اگر نگوییم به مشکل عمده‌ای تبدیل شده، شدیداً در حال تبدیل شدن به یک مشکل اساسی می‌باشد. کاربرد آب‌های زهکشی به عنوان بخشی از منبع آبیاری کمک قابل ملاحظه‌ای به کاهش ضرورت تخلیه آب زهکشی به خارج منطقه و اثرات تخریبی مربوطه روی منابع آب و خاک خواهد نمود.

بسیاری از مسائل ماندابی و شوری ثانویه رایج در اراضی آبی ناشی از استفاده بیش از حد از آب برای آبیاری به علت سیستم‌های توزیع آب بدون بازده و مدیریت ضعیف در سطح مزرعه و تخلیه آب زهکشی (مصرف‌شده) در منابع آب با کیفیت خوب که در نقاط دیگر برای تولید محصول یا منظورهای شرب و صنعت مصرف می‌شوند، بوده است. این

مسائل حتی در مواردی که از آب‌های کم‌شور برای آبیاری استفاده شده بروز نموده‌اند. این امر احتمالاً به این نتیجه سوق پیدا می‌کند که کاربرد آب‌های شور زهکشی برای آبیاری تنها می‌تواند سبب افزایش این مشکلات گردد. ولی این نتیجه‌گیری ضرورتاً درست نیست. استفاده از آب‌های زهکشی شور معمولی برای آبیاری با به کارگیری مدیریت صحیح به شور شدن مفرط خاک منتهی نمی‌گردد. در حقیقت قطع نفوذ عمقی آب‌های زهکشی به زیر منطقه ریشه و استخراج آب‌های زیرزمینی در لایه کم‌عمق و استفاده مجدد از آنها برای آبیاری، در جهت کاهش فرآیندهای تخریب خاک به لحاظ نفوذ عمقی شدید، تجمع نمک، ماندابی شدن و شوری ثانویه که نوعاً در اراضی آبی اتفاق می‌افتد و همچنین مشکلات آلودگی آب همراه با تخلیه آنها به منابع آب با کیفیت خوب، توصیه گردیده است.

در ارتباط با استفاده از آب شور زهکشی در آبیاری به خصوص از طریق اختلاط و در انتخاب مدیریت مناسب برای حفظ کیفیت آب تشخیص این نکته مهم است که تمام حجم یک منبع آب شور نمی‌تواند برای آبیاری و تولید محصول سودمند باشد و هرچه شوری آن بیشتر باشد کمتر می‌تواند قبل از اینکه غلظت نمک آن محدودیت ایجاد کند مورد مصرف قرار گیرد. توصیه شده است که عمل اختلاط آب‌های خیلی شور با منابع آب با کیفیت خوب فقط پس از اینکه اثرات آن بر حجم آب قابل مصرف در حالت ترکیبی و در حالت مجزا مورد بررسی و ملاحظه قرار گرفته باشد، صورت پذیرد. اختلاط آب‌های زهکشی با آب‌های دارای کیفیت خوب برای افزایش منابع آب و یا رسیدن به استانداردهای تخلیه، در بعضی شرایط نامطلوب است.

دستیابی بالقوه به تولید محصول بیشتر با استفاده از کل منبع آب و با مجزا نگه داشتن آب‌های مذکور میسر است. به جدا نگه داشتن آب‌های شور زهکشی از منابع آب با کیفیت خوب به خصوص هنگامی که آب‌های اخیر برای آبیاری محصولات حساس به شوری به کار می‌روند، باید به طور جدی توجه گردد. آب‌های شور زهکشی با جایگزینی به جای آب با کیفیت خوب می‌توانند به نحو مؤثرتری در آبیاری برخی محصولات مقاوم

به شوری در داخل تناوب و پس از مرحله جوانه زدن مورد استفاده قرار گیرند.

در شرایطی که تلاش برای جلوگیری از آلودگی بیش از حد محیط زیست و بازیابی و حفظ اکوسیستم طبیعی ممکن است سبب کاهش تخصیص آب کشاورزی گردد، می‌توان نتیجه گرفت که اجرای اقدامات مدیریتی در جهت حفاظت آب، کاهش نفوذ عمقی و اجتناب از تخلیه زه‌آب‌ها به منابع آبی خوب، راهی طولانی را در راستای حداقل نمودن این مسائل و نیازها در پیش روی ما قرار می‌دهد. ولی هدف افزایش تولید مواد غذایی می‌تواند و واقعیت این است که باید بتواند به وسیله بالا رفتن راندمان کاربرد آب شامل استفاده مجدد از آب زهکشی در اراضی آبی توسعه‌یافته موجود دست‌یافتنی باشد. برگرداندن قسمتی از این اراضی تازه تخریب شده به شرایط باروری از هر دو دیدگاه افزایش تولید مواد غذایی و حفظ و مراقبت کیفیت منابع آب محدودمان الزامی است.

۴-۳- نقش استفاده مجدد از آب‌های شور زهکشی در تولید محصول، حفاظت آب و کنترل شوری آب و خاک

برای افزایش تولید مواد غذایی، حفاظت آب، جلوگیری از شوری خاک و ماندابی و محافظت از اکولوژی و محیط زیست یک بررسی همه‌جانبه تمام و کمال لازم است. اولین قدم این است که باید کنترل در منبع از طریق اجرای سیستم‌های آبیاری با راندمان بالاتر و عملیاتی که کاربرد آب را به حداقل رسانده و نفوذ عمقی را کاهش می‌دهد، صورت پذیرد. آب‌های زهکشی غیرقابل اجتناب باید محصور و مجزا شده و برای آبیاری گیاهان متغیری که مقاومت آنها به شوری در کشت‌های پشت سر هم افزایش می‌یابد (در نهایت گیاهان شور دوست) مورد استفاده مجدد قرار گیرد تا حجم آب‌های زهکشی کاهش یافته، آب محافظت شده و آلودگی به حداقل رسیده و ضمناً محدوده‌های مسکونی و توده گیاهی مفیدی ایجاد گردد. هم‌چنین باید استفاده توأم از آب زیرزمینی شور و آب سطحی برای کمک به پایین انداختن رقوم سطح ایستابی و طبعاً کاهش نیاز به زهکشی و دفع زه‌آب و

همچنین حفاظت آب صورت پذیرد. برای اصلاح و یا دفع نهایی فاضلاب انتهایی زهکشی از راه‌های مختلفی باید بهره گرفت. آب‌های زهکشی غیرقابل استفاده هرگز نباید در داخل منابع آب با کیفیت خوب تخلیه شوند.

برای دستیابی به این اهداف، فن‌آوری‌های جدید و اقدامات مدیریتی در راستای کاهش مصرف آب مازاد در آبیاری، حفاظت از منابع محدود آب و حفاظت از کیفیت آب باید توسعه یافته و به اجرا درآیند. راندمان آبیاری باید از طریق تدوین راهبردهای مناسب مدیریتی، انتخاب روش‌ها و راه‌کارهای مناسب و همچنین از طریق فرهنگی و آموزشی افزایش یابد. این گونه اقدامات باید با تشخیص فرآیندهای طبیعی مورد عمل در سیستم‌های آبیاری و ژئوهیدرولوژیکی (و نه فقط در سطح مزرعه) و همچنین با درکی از چگونگی تأثیر آنها روی کیفیت منابع آب و خاک (و نه فقط تولید محصول) انتخاب شوند. اقداماتی برای کنترل شوری در منطقه ریشه باید انجام پذیرد، در حالی که اقدامات دیگری نیز باید برای کنترل شوری در واحدهای بزرگتر مدیریتی نظیر پروژه‌های آبیاری و حوضه آبریز رودخانه‌ای به کار گرفته شوند. برای حفاظت محیط زیست و سیستم اکولوژیکی شامل منابع آب‌های سطحی و زیرزمینی مربوطه نیز اقدامات دیگری باید به عمل آید. عملیات در سطح مزرعه معمولاً شامل روش‌های زراعی و مهندسی هستند که توسط زارعین براساس مزرعه به مزرعه انجام می‌گیرند. عملیات در سطح ناحیه یا در مقیاس سازماندهی بزرگتر معمولاً شامل سازه‌های مهندسی اولیه برای کنترل آب (تحویل و تخلیه) و سیستم‌های جمع‌آوری، استفاده مجدد، تصفیه و یا دفع آب‌های زهکشی می‌باشد.

برای نیل به اهداف کنترل شوری در اراضی که با آب‌های زهکشی یا آب‌های مشابه آبیاری می‌شوند معمولاً فقط یک راه منحصر به فرد وجود ندارد. روش‌ها و اقدامات متفاوت و متعددی را می‌توان در یک سیستم کنترل رضایت‌بخش در یکدیگر ادغام نمود. این امر به اقتصاد، اقلیم، جامعه و همچنین اوضاع موجودات زنده خاک و ژئوهیدرولوژیک بستگی دارد.

بنابر این نمی‌توان یک مجموعه عملیات کنترلی را به عنوان مجموعه مناسب برای تمام موقعیت‌ها ذکر نمود. طبعاً مجموعه مناسب بسیار متعدد و متغیر است. لیکن برخی راهبردها، اصول و اهداف مهم در خصوص مدیریت شوری وجود دارد که باید هم در سطح مزرعه و هم در سطح پروژه برای توسعه سیستم‌های مناسب مدیریتی به کار گرفته شوند تا بهره‌گیری از آب‌های شور زهکشی برای تولید محصول، پرداختن به ضرورت اصلاح اراضی تخریب شده فعلی، افزایش راندمان کاربرد آب در مناطق تحت آبیاری که آب بیش از حد مصرف می‌نمایند و کاهش تخلیه آب زهکشی از پروژه‌ها که موجب آلودگی شده و قابلیت مصرف منابع آبی مربوطه برای آبیاری و شرب را پایین می‌آورد، تقویت گردد. چنین راهبردها، اصول و اهداف برای تولید محصولات با استفاده از آب‌های شور و همچنین انتخاب و اجرای اقدامات کنترلی در این مقاله مورد بحث و بازنگری قرار گرفته‌اند. فن‌آوری ارزیابی که در اینجا با بهره‌گیری از فن‌آوری‌های سنسور ژئوفیزیکی و ماهواره‌ای توصیف شد باید دربرگیرنده سیستم‌های فوق‌الذکر باشد تا اصول معنی‌دارتری برای برنامه‌ریزی، مشاهده و مدیریت شوری خاک در مقایسه با روش‌های سنتی که مبتنی بر نیازهای آبشویی و مفاهیم تعادل نمک هستند، فراهم گردد.

۵- مراجع

Abu Zeid, M. 1989. Environmental impacts of the Aswan High Dam: A case study. Water Resources Development 5(3):147-157.

Abu Zeid, M. and A.K. Biswas. 1990. Impacts of agriculture on water quality. Water International, 15(3):160-167.

Abu Zeid, M. and S. Abdel-Dayem. 1991. Variation and trends in agricultural drainage water reuse in Egypt. Water International 16(4):242-253.

انتشارات کمیته ملی آبیاری و زهکشی ایران

ردیف	نام انتشارات
شماره ۱	فرهنگ فنی آبیاری و زهکشی
شماره ۲	تحلیلی بر راندمان‌های آبیاری
شماره ۳	سالنامه سال ۱۳۷۳
شماره ۴	سالنامه سال ۱۳۷۴
شماره ۵	دستورالعمل‌های کم آبیاری
شماره ۶	مجموعه مقالات ششمین سمینار کمیته ملی آبیاری و زهکشی ایران
شماره ۷	مجموعه مقالات هفتمین سمینار کمیته ملی آبیاری و زهکشی ایران
شماره ۸	مجموعه مقالات هشتمین سمینار کمیته ملی آبیاری و زهکشی ایران
شماره ۹	ارزیابی عملکرد سسیستم‌های آبیاری و زهکشی و عوامل موثر در آن
شماره ۱۰	آبیاری موجی
شماره ۱۱	آشنایی با آبیاری کابلی
شماره ۱۲	مدیریت محلی سیستم‌های آبیاری و زهکشی
شماره ۱۳	راهنمای ارزیابی اثرات زیست محیطی طرح‌های آبیاری و زهکشی
شماره ۱۴	مجموعه مقالات کارگاه فنی ارزیابی عملکرد سسیستم‌های آبیاری و زهکشی
شماره ۱۵	راهنمای احداث زهکش‌های زیرزمینی
شماره ۱۶	معرفی جهات نظری و کاربردی روش پنمن ـ مانتیس
شماره ۱۷	Water and Irrigation Technics in Ancient IRAN
شماره ۱۸	تلاش ایرانیان در تامین و مدیریت توزیع آب
شماره ۱۹	تحلیلی بر ارزیابی اثرات زیست محیطی طرح‌های آبیاری و زهکشی
شماره ۲۰	تجارب جهانی مشارکت کشاورزان در مدیریت آبیاری
شماره ۲۱	مجموعه مقالات نهمین همایش کمیته ملی آبیاری و زهکشی ایران
شماره ۲۲	مفاهیم زهکشی و شوری آب و خاک
شماره ۲۳	مجموعه مقالات کارگاه مسائل و مشکلات اجرای شبکه‌های زهکشی
شماره ۲۴	معیارهای انتخاب سیستم‌های آبیاری
شماره ۲۵	فن سنجش از راه دور در شبکه‌های آبیاری و زهکشی

USE OF SALINE AND BRACKISH WATERS FOR IRRIGATION: IMPLICATIONS AND ROLE IN INCREASING FOOD PRODUCTION, CONSERVING WATER, SUSTAINING IRRIGATION AND CONTROLLING SOIL AND WATER DEGRADATION

By:

J.D. Rhoades

Translated by:

M. Norozi & M. Meschi & M. Maherani

Edited by:

S. Nairizi

Working Group on "On - Farm Irrigation Systems"

Iranian National Committee on Irrigation and Drainage

(IRNCID)

USE OF SALINE AND BRACKISH WATERS FOR IRRIGATION: IMPLICATIONS AND ROLE IN INCREASING FOOD PRODUCTION, CONSERVING WATER, SUSTAINING IRRIGATION AND CONTROLLING SOIL AND WATER DEGRADATION

J. D. Rhoades

Iranian National Committee on Irrigation and Drainage (IRNCID)

No. 26 - 1999

ISBN: 964-6668-10-0 شابک: ۰-۱۰-۶۶۶۸-۹۶۴

کمیته ملی آبیاری و زهکشی ایران

تهران - خیابان وحید دستگردی (ظفر) - خیابان شهید کارگزار - خیابان شهرساز

پلاک ۲۴ - طبقه دوم تلفن: ۲۲۵۷۳۴۸ نمابر: ۲۲۵۷۳۳۸

USE OF SALINE AND BRACKISH WATERS FOR IRRIGATION: IMPLICATIONS AND ROLE IN INCREASING FOOD PRODUCTION, CONSERVING WATER, SUSTAINING IRRIGATION AND CONTROLLING SOIL AND WATER DEGRADATION

J. D. Rhoades

Iranian National Committee on
Irrigation and Drainage (IRNCID)

No. 26 - 1999

ISBN: 964-6668-10-0 شابک: ۹۶۴-۶۶۶۸-۱۰-۰

۶۳۱/۶۷
م۵۴۵
ن۱

کمیته ملی آبیاری و زهکشی ایران
تهران - خیابان وحید دستگردی (ظفر) - خیابان شهید کارگزار - خیا
پلاک ۲۴ - طبقه دوم تلفن: ۲۲۵۷۳۴۸ نمابر: ۲۵۷۳۳۸

ICID